

ANNALEN  
DER  
P H Y S I K.

---

483-23

---

ANGEFANGEN

VON

D. FRIEDR. ALBR. CARL GREN,

FORTGESETZT

VON

LUDWIG WILHELM GILBERT,  
PROFESSOR ZU HALLE.

DRITTER BAND.

---

NEBST SEBEN KUPFERTAFELN  
UND DEM REGISTER ÜBER ALLE DREI BÄNDE.

---

HALLE,  
IN DER REMIGIUSCHEN BUCHHANDLUNG.  
1800.

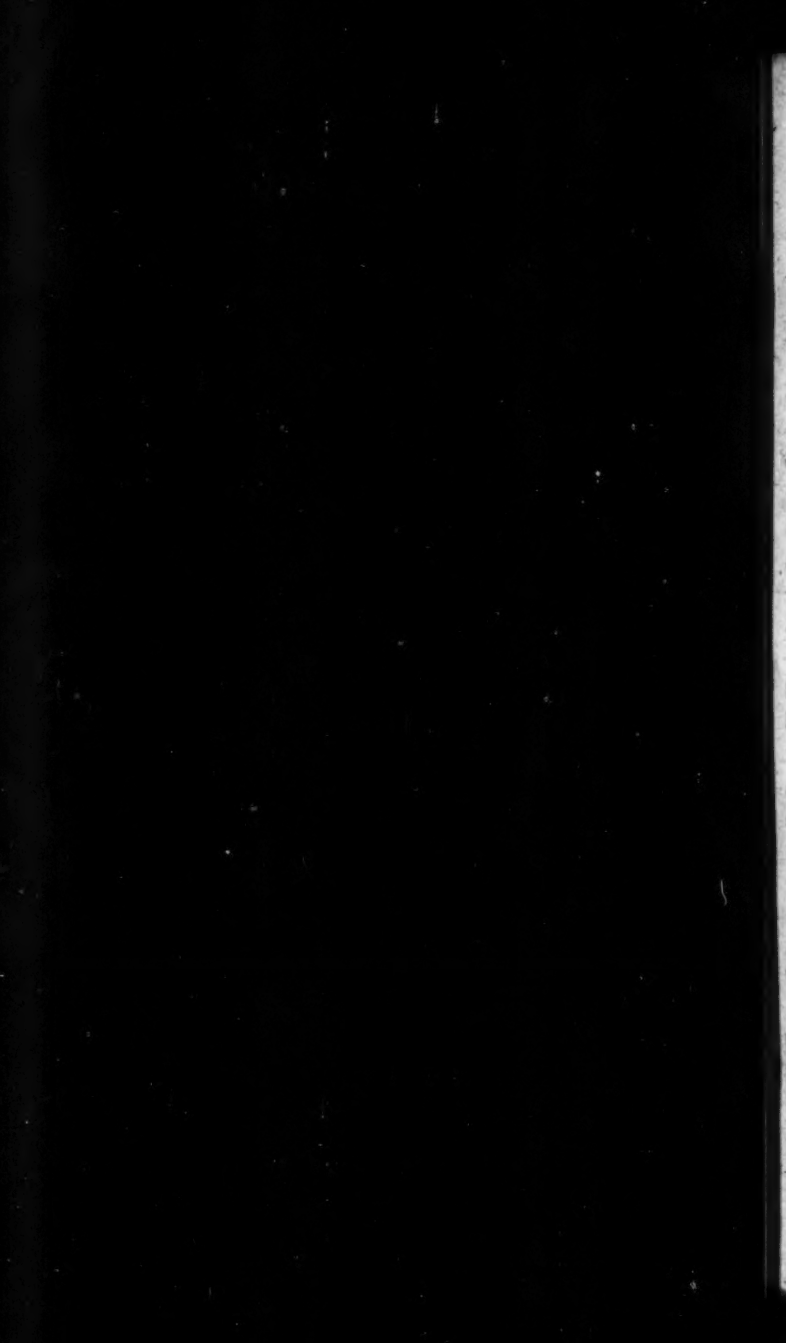
beybehalten zu müssen; höre aber fernerhin damit auf, um den Anschein eines Aushängeschildes zu vermeiden. Nochmals empfehle ich diese Annalen der Theilnahme unftrer vorzüglichsten deutschen Physiker, die sie leicht zu einem eben so nationalen Werke, als das französische und englische Journal der Physik, erheben könnten, und insbesondre glaube ich diejenigen unter ihnen, denen das Fach der Naturkunde in unsern gelehrten Blättern anvertraut ist, auffodern zu müssen, durch Anzeige und Beurtheilung des numehr vollendeten Jahrgangs das Ihrige zur Vervollkommung und Erweiterung eines Instituts beyzutragen, das mit darauf berechnet ist, ihrer Wissenschaft Freunde zu erwecken und zu erhalten.

Halle, den 2ten Februar  
1800.

Ludwig Wilhelm Gilbert.







---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

## DRITTER BAND, ERSTES STÜCK.

---

### I.

*Ein neues sehr einfaches Mittel, die Kraft der electrischen Flaschen und Batterien beträchtlich zu erhöhen; Methode, diese Kraft genau zu messen; und Beschreibung eines neuen Universal-Electrometers,*

von

JOHN CUTHBERTSON  
in London. \*)

Im Jahre 1774 baute E. Nairne eine Electrifirmaschine, welche alle ehemahligen an Wirklichkeit weit übertraf, und eine grössere und besser eingerichtete Batterie, als man bis dahin gehabt hatte. Diese Batterie, von 50 Quadratfuss Belegung, war einer so starken Ladung fähig, daß der Entladungsschlag von einem  $1\frac{1}{8}$  Zoll dicken Drahte

\*) Im Auszuge aus Nichollsons *Journal of natur. philos.*, Vol II, p. 525 — 535.

Annal. d. Physik, 3. B. 1. St.

eine Länge von 45 Zoll schmolz; das macht auf jeden Quadratfuß Belegung  $\frac{1}{16}$  Zoll Draht, welches viel mehr war, als noch irgend eine Batterie geleistet hatte. Die Batterie von 135 Quadratfuß Belegung, die ich 1785 für das *Teylersche Museum* zu Harlem verfertigte, war die erste, welche die Batterie Nairne's an Gröſſe und Stärke übertraf. Sie schmolz von derselben Drahtgattung eine Länge von 180 Zoll, welches auf den Quadratfuß Belegung 1,3 Zoll Draht giebt. Gerade so stark blieb die Intension ihrer Kraft, als sie nachher bis auf 225 Quadratfuß Belegung vergrößert wurde und 300 Zoll Draht schmolz. Die Batterie von 100 Flaschen, jede zu  $5\frac{1}{2}$  Quadratfuß Belegung, die ich bald darauf für das Teylersche Museum verfertigte, würde, nach dem Schmelzen dickerer Drahtforten zu urtheilen, von diesem Drahte eine Länge von 655 Zoll geschmolzen haben; \*) giebt ebenfalls 1,3 Zoll Draht auf jeden Quadratfuß Belegung.

Nach meiner Rückkunft in London habe ich mehrere Batterien, gewöhnlich von 15 Flaschen, jede zu 168 Quadratzoll Belegung, gebaut, die, da sie 17 Quadratfuß Belegung enthalten, bei gleicher Kraft mit der Nairne's 153, und bei gleicher Kraft mit der Teylerschen 22 Zoll Draht hätten

\*) Von Draht,  $\frac{1}{16}$  Zoll dick, schmelzte die 135füßige Batterie 6 Zoll, die 225füßige 10 Zoll, und die 550füßige 25 Zoll; diese Drahtlängen sind den Belegungen proportional.

schmelzen müssen, statt dessen aber, mittelst eines eignen Kunstgriffs, sich dahin bringen lassen, 60 Zoll Draht zu schmelzen; eine außerordentliche Zunahme an Kraft, die, wie sie zu bewirken sey, wohl nicht leicht zu rathen seyn möchte. Gewöhnlich lade ich diese Batterien mit einer zweifüssigen Scheibenmaschine; man darf daher den Grund dieser Verstärkung nicht in einem stärkern Ladungsvermögen der Maschine suchen. Nairne's Batterie war freilich, sowohl in der Belegung als in den innern Drähten der Flaschen, nicht ganz fehlerfrei, aber die Harlemer Batterien sind eben so gut wie meine jetzigen eingerichtet. Zwar bestehen sie aus böhmischem Glase, und meine jetzigen aus weißem Flintglase, allein das scheint keinen beträchtlichen Einfluß zu haben, da ich mich erinere, mit einzelnen Flaschen aus böhmischem Glase in Amsterdam gerade so viel Draht geschmolzen zu haben, als ich jetzt mit Flaschen aus weißem Flintglase schmelze. Diese Erhöhung an Kraft scheint also allein auf folgender veränderten Art, die Batterie zu laden, zu beruhen.

Die Harlemer Batterien wurden nie anders geladen, als in trockenem Wetter, welches man gewöhnlich am vortheilhaftesten für electrische Versuche hält. Der Saal, worin Maschine und Batterien stehen, läßt sich nicht heitzen; welches nicht wohl berechnet ist; die Flaschen werden vor der Ladung so viel als möglich gereinigt und getrocknet, und wenn sie dann bis zum Selbstentladen

electrifizirt waren, so glaubten wir die größte Wirkung der Batterie zu erhalten.

Schon damahls erzählte uns Herr Brooke aus Norwich, eine nicht gereinigte Flasche lasse sich stärker als eine gereinigte laden; aber seine Angabe war so unbestimmt, daß es mir nie gelang eine nicht gereinigte Flasche zu erhalten, welche seiner Versicherung entsprochen hätte; nahe an zweihundert Flaschen einer Batterie in einen solchen Zustand von Nichtreinigung, (*dirtyness*,) zu bringen, wurde nie versucht. Auch scheint Brooke selbst seine Methode nie auf eine Batterie, sondern nur auf zwei kleine Flaschen angewandt zu haben, deren Ladungsfähigkeit dadurch sehr verschiedentlich erhöht wurde.

Einige Zeit darauf, 1792, bemerkte ich zufällig, daß eine frisch belegte Flasche, (deren Inseite über der Belegung immer etwas feucht ist,) sich stärker als eine ähnliche früher belegte Flasche laden ließe, und daß Flaschen bei feuchter Luft, wenn man sie inwendig nicht trocknet, eine eben so erhöhte Ladung annehmen. Ich versuchte daher, ob sich nicht dasselbe ereignen würde, wenn ich bei trockener Witterung in die zu ladende Flasche hinein hauchte, und in der That verstärkte sich dadurch die Ladung so, daß eine Flasche, die bei trockenem Wetter nicht mehr als 5 Zoll Draht schmolz, 12 Zoll zu schmelzen vermochte. Ich weiß nicht, ob es das Widersprechende gegen die gewöhnliche Methode, Batterien nur in trockenem Wetter zu

brauchen, war, oder was mich sonst davon abhielt, diesen einfachen Kunstgriff sogleich auch bei einer Batterie zu versuchen. Erst im März 1796, als während eines Cursus von Versuchen die Luft so außerordentlich trocken war, daß eine der 17füßigen, vorhin erwähnten Batterien, sich stets eher entlud, als die Ladung bis zu der Stärke, die ich wünschte, gekommen war, fiel es mir ein, in die Flaschen der Batterie vor dem Laden durch eine Glasröhre zu hauchen. Und dieses hatte die glücklichste Wirkung. Statt daß ich es vorhin bei dem damaligen Zustande der Luft nicht dahin zu bringen vermocht hatte, mehr als 18 Zoll Draht zu schmelzen, schmolzen nun, zu meinem großen Erstaunen, 60 Zoll Draht, und ich sah mich so im Besitze einer höchst einfachen Methode, die Wirkung einer Batterie dem Anscheine nach zu verdreifachen.

Da ich mir keine Rechenschaft von dieser Art, die Ladung zu verstärken, geben konnte, so unternahm ich eine Reihe von Versuchen, um einiges Licht hierüber zu verbreiten. Die Hauptversuche über die Kraft der Batterien haben der D. van Marum 1785 und 1795 und Brooke zu Norwich 1786 angestellt, \*) ihre Resultate sind aber

\*) Erst während des Niederschreibens dieses Aufsatzes fand ich in dem Werke Brooke's die hierher gehörigen Versuche. Wahrscheinlich liegt es an dem Mangel an Ordnung, womit die sehr einfichtsvollen Versuche Brooke's erzählt sind, daß

sehr verschieden, stimmen auch nicht mit meinen frühern Versuchen überein. Mir fehlte es damahls eben so als dem D. van Marum an einem Electrometer, das die verhältnißmäßige Menge der electricischen Materie mit hinlänglicher Genauigkeit angezeigt hätte. Brooke befahl zwar ein von ihm dazu erfundenes Instrument, dessen Behandlung, aber so viele Geschicklichkeit erforderte, so un bequem und so kostbar war, daß es andere Physiker wohl nur deshalb bisher nicht nachgemacht haben. Dagegen vereinigt folgendes, vor kurzem von mir erdachtes einfaches und bequemes *Electrometer*, welches auf Taf. I, Fig. 1, abgebildet ist, alles in sich, was zu diesem Versuche erfordert wird.

Auf einem 18 Zoll langen und 6 Zoll breiten Brette *GH* stehen 3 Glasfüße *D*, *E*, *F*, welche die drei isolirten Kugeln *a*, *b*, *c* tragen. Unter der Messingkugel *a* befindet sich ein langer messingener Haken, mit welchem der zu schmelzende Draht und die Außenseite der Batterie in Verbindung gesetzt wird. Die Kugel *b* öffnet sich unten in eine 3 Zoll lange messingene Röhre, welche auf den Glasstab *F* aufgeküttet ist, und hat zur Seite und oberwärts ein Loch. In das erstere wird ein Messingstab *L* hineingeschoben, der die Kugel mit einem Knopfe

sie nicht bloß meiner Aufmerksamkeit beim frühern Lesen der Schrift, sondern, wie es scheint, auch der des Herrn D. van Marum und der übrigen Electriciker bisher entgangen waren. C.



der Batterie in Verbindung setzt. Die letztere Oeffnung hat  $\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser, und liegt senkrecht über der untern Röhre. Die dritte Kugel *c* endlich besteht aus zwei Hälften, die von einander zu schieben sind, und es läßt sich auf sie ein gewöhnliches Henleysches Quadrant-Electrometer *K* aufschrauben. Die obere ihrer Hälften hat rechter Hand, die untere linker Hand einen Einschnitt, die einander gegen über angebracht sind, und dem Messingstabe *AB*, (der durch die Kugel *c* hindurchgeht und in ihrem Mittelpunkte mittelst zweier zugespitzter Zapfen auf gehörig gestalteten Pfannen ruht,) die Freiheit geben, sich aus der Horizontallage bis *a* ungehindert herab zu bewegen. Die Kugeln *A*, *B* sind so abgewogen, daß sie sich genau das Gleichgewicht halten, und daß der Schwerpunkt des ganzen Wagebalkens etwas über den Ruhepunkt desselben liegt. Die Kugeln *A* und *a* berühren sich in der geneigten, die Kugeln *B* und *b* in der horizontalen Lage des Wagebalkens, und zwar letztere so, daß zwei Löcher oben und unten in *B* genau senkrecht über den Oeffnungen der Kugel *b* stehen. Nun hat man mehrere Gewichte *i* von verschiedenen Gränzen, in Gestalt von Nadeln, deren breiter Kopf zwar durch die obere, nicht aber durch die untere Oeffnung der Kugel *B* geht, und deren Stiel in die Kugel *b* und die Röhre darunter hinabhängt.

Auch ohne dieses Gewicht *i* würde der Wagebalken *AB*, wenn er in horizontale Lage gebracht

ist, für sich darin bleiben; sobald man aber den Kugeln *B* und *b* auch nur wenig Electricität zuführte, würden sich beide Kugeln von einander abstossen, und da der Schwerpunkt des Wagebalkens über dem Drehpunkte liegt, *B* sogleich so weit in die Höhe fahren, bis die Kugeln *A* und *a* zusammenträfen. Ein kleines Gewicht in *B* hält diese Kugel beim Electrifiern länger mit *b* in Berührung, so das im Verhältnisse dieses Gewichts grössere Grade von Electricität erfordert werden, um den Wagebalken in Bewegung zu bringen. Steht dann die Kugel *b* mit der innern und *a* mit der äussern Belegung einer Flasche in Verbindung, so schlägt die Flasche los, sobald *A* und *a* sich bis auf die Schlagweite nähern.

Man sieht leicht, das dieses Instrument drei verschiedene Electrometer in sich vereinigt: ein *Henly'sches*, welches den allmählichen Anwachs der Electricität während des Ladens der Batterie anzeigt; *Lane's Entladungs - Electrometer*; und *Brooke's Wage-Electrometer*; und zwar die beiden letztern, die bei ihren Erfindern noch sehr unvollkommene Vorrichtungen sind, wie ich mir schmeichle, beträchtlich verbessert. *Lane's Electrometer* läst sich in seiner ersten Einrichtung nicht wohl bei Batterien brauchen, weil die Entladungskugel dem Knopfe der Batterie so nahe hängt, das sich immer Staub und Fäden so stark zwischen beide Kugeln ansetzen, das sie die Ladung aufhalten und starke Ladungen oft unmöglich machen; hier hingegen stehen beide Kugeln 4 Zoll weit aus einander, und die Ent-

Ladungskugel des Electrometers setzt sich nicht eher in Bewegung, als bis die verlangte Stärke der Ladung wirklich erreicht ist. *Brooke's* Wage-Electrometer konnte erstens keine Entladung bewirken; zweitens führte die Schwierigkeit, die erste Trennung der Kugeln zu beobachten, leicht zu grossen Irrthümern; und drittens liess es sich im unvortheilhaften Lichte nicht ohne Beihülfe eines Dritten beobachten: — Nachtheile, welche ich vermieden habe. Durch diese Verbindung und diese Verbesserungen leistet mein Electrometer alles, was man nur immer von einem Electrometer verlangen kann. Wir bemerken bei *k* die Zunahme der Ladung; beim Auseinandergehen der Kugeln *B* und *b* giebt sich die Repulsivkraft in Gewichttheilen; und sobald die Ladung bis zur verlangten Stärke gekommen ist, bewirkt die Kugel *A* die Entladung.

Mit Hülfe dieses Instruments stellte ich folgende Reihe von Versuchen an:

*Versuch 1.* Ich verband die Kugel *b* mit einer Flasche *M* von 168 Quadratzoll Belegung, brachte das Electrometer gehörig daran, indem ich die Justirschraube in *C* so lange drehte, bis die Kugeln *B* und *b* sich berührten, und legte dann in *B* die Nadel 15. Darauf wurden 2 Zoll Spiralfederdraht \*) zw-

\*) Man bekommt diesen Draht bei den Uhrmachern käuflich. Er besteht aus platt geschlagenem Stahle, und man versertigt daraus die kleine Feder, welche die Unrube in den Uhren treibt. Der, dessen

schen 'zwei Paar' Stahlfederzungen,' (die in der Figur bei *G* und *m* abgebildet sind und eine Art kleiner Zangen bilden,) befestigt, und die eine dieser Zänglein an den Haken *m*, der jenen Draht mit der Kugel *a* des Electrometers in Verbindung setzte, die andere an einen dicken Draht *N* gehängt, der mit der äußern Belegung der Flasche Verbindung hatte. Dann reinigte und trocknete ich den nicht belegten Theil der Flasche sorgfältig, und brachte den Stab *L* an den Leiter der Electrificir-Maschine. Mit zunehmender Ladung stieg *k* immer höher, und bei der Entladung wurde der Spiralfederdraht durch den Schlag, der hindurch ging, geschmolzen und zerfiel in kleine Kugeln.

*Versuch 2.* Nun brachte ich 8 Zoll von demselben Spiralfederdrahte zwischen die Stahlzungen, legte in *B* das Gewicht 30, und trocknete und reinigte wiederum den unbelegten Theil der Flasche. Allein ehe die Kugel *B* in Bewegung kam, und als das Electrometer *k* wenig Electricität mehr als vorhin zeigte, erfolgte eine Selbstentladung der Flasche. Ich blies darauf in die Flasche durch eine Glasröhre, und nun erfolgte keine Selbstentladung, sondern *B* kam in Bewegung, und der Schlag, der von *A* nach *a* übersprang, ging durch den Draht, und schmolz die 8 Zoll in demselben Grade, wie vorhin 2 Zoll Draht,

Cuthbertson sich bediente, war 0,0051 Zoll breit, und 44½ Zoll dieses Drahts wogen ein Grän.

Nicholson.

so nämlich, daß der Draht durch seine ganze Länge roth glühte und in Kugelchen zerfiel. — Entladungen bewirken nämlich sehr verschiedene Grade von Schmelzung; und giebt man darauf nicht gehörig Acht, so kann das zu großen Irrthümern führen. Am füglichsten bleibt man bei dem hier erwähnten Grade von Schmelzung. Auch muß man sorgfältig darnach sehen, daß der zu schmelzende Draht straff in gerader Linie, ohne Ecken und Beugung, angezogen ist.

Aus dem doppelten Gewichte und aus der Menge der Umdrehungen der Maschine zu schliessen, war die Flasche bei diesem Versuche noch einmahl so stark als beim erstern geladen. Da es scheinen könnte, daß der Schlag beim Durchgange durch den abgeplatteten Spiralfederdraht, dessen ich mich in diesen beiden Versuchen bedient hatte, sich durch die Schärpen des Drahts etwas zerstreuet habe, so wiederholte ich beide Versuche mit rundem Drahte, und der Erfolg blieb derselbe.

*Versuch 3.* Um genau die Drahtlängen zu erforschen, die bei einerlei Intension der electricischen Materie von verschiedenen Mengen derselben geschmolzen werden, setzte ich an den Draht *L* noch eine zweite Flasche auch von 168 Quadratzoll Belegung, legte in *B* das Gewicht 15, und spannte 2 Zoll vom vorigen Drahte zwischen die Stahlfederungen. Indem die Kugel *B* anfang, zu steigen, wurde, ehe noch die Kugeln *A* und *a* sich so weit genähert hatten, daß die Entladung erfolgt wäre, diese zweite Flasche vom Drahte abgerückt, wozu man wäh-

wend des Stokens der Kugel *A* hinreichend Zeit hat. Beim Entladen der gebliebenen Flasche wurden die 2 Zoll Draht gerade geschmolzen.

Darauf wurden 8 Zoll von demselben Drahte eingespannt, bei unverändertem Gewichte aufs neue 2 Flaschen so an die Stange *L* gesetzt, daß ihre äußere Belegung in leitender Verbindung stand und die zweite Flasche beim Entladen nicht verrückt. Beide Flaschen schlugen nun los und schmolzen die 8 Zoll Draht in eben dem Grade, wie vorhin die 2 Zoll. — In diesem Falle war offenbar die Entladung das Doppelte der vorigen. Beim Wiederholen des Versuchs ergaben sich indeß so verschiedene Resultate, daß ich fürchten mußte, der Schlag zerstreue sich zum Theil durch die Schäften des Drahts. Ich nahm daher runden Draht, so dick als er, um hinlänglich geschmolzen zu werden, nur seyn konnte.

*Versuch 4.* Von rundem Drahte,  $1\frac{1}{8}$  Zoll im Durchmesser, wurden 6 Zoll eingespannt, und an den Stab *L* drei Flaschen von 168 Quadratzoll Belegung gesetzt. Alle drei schlugen zugleich los, und der ganze Draht wurde gerade geschmolzen.

Als ich 2 Zoll von demselben Drahte einspannte, und indem die Kugel *B* stieg, die eine der drei Flaschen abrückte, so daß nur 2 loschlügen, schmolzen gerade diese 2 Zoll auf eben die Art.

*Versuch 5.* Durch vier Flaschen wurden 8 und dann auch  $8\frac{1}{2}$  Zoll von demselben Drahte immer bei unverändertem Gewichte *i* geschmolzen, und zwar

zerfiel die letzte Drahtlänge so eben in Kügelchen; 9 Zoll Draht vermochte der Schlag nur in ihrer ganzen Länge rothglühend zu machen.

Als beim Heben der Kugel *B* zwei Flaschen abgerückt wurden, schmolzen 2 Zoll von demselben Drahte und  $2\frac{1}{2}$  Zoll wurden rothglühend.

*Versuch 6.* Vierzehn ähnliche Flaschen schmelzten, auf dieselbe Art behandelt, von einem Drahte, der  $\frac{1}{100}$  Zoll dick war, wenn alle stehen blieben, eine Länge von 8 Zoll, und wenn sieben beim Ansteigen der Kugel *B* abgerückt wurden, 2 Zoll.

Alle diese Versuche zeigen hinlänglich, daß die *doppelte Menge von electrischer Materie, in Gestalt einer Entladung, eine vierfache Drahtlänge schmelzt*, und aus Versuch 4 folgt: *daß von einer  $1\frac{1}{2}$  mahl so großen Menge von Electricität eine dreifache Drahtlänge geschmolzen wird.*

Ich muß deshalb an der Genauigkeit der Versuche des Dr. van Marum's zweifeln, nach welchen die Längen des geschmolzenen Drahtes in gleichem Verhältnisse mit der Belegung seiner Batterien wuchsen, und also doppelt so viel Belegung nur eine doppelte Drahtlänge zu schmelzen vermöchte. Wahrscheinlich wurde er zu dieser irrigen Angabe dadurch verführt, daß er *erstens* seine Batterien wohl nicht gleich stark geladen hatte, indem er damals kein dazu recht dienliches Electrometer besaß; *zweitens* hat er vielleicht nicht auf die so ver-



schiedenen Grade der Schmelzung Acht gehabt, und die Stärke der Entladung bloß darnach beurtheilt, daß der Draht in Kügelchen zerfiel, welches leicht zu Mißgriffen verleitet. Denn gesetzt, eine Flasche oder Batterie lasse sich so stark laden, daß sie eben 18 Zoll Draht zu Kügelchen schmelzt; so wird dieselbe Ladung auch auf einen gleich dicken und kürzern Draht, bis auf 7 Zoll herab, keine weitere Wirkung haben, als daß sie ihn zu Kugeln schmelzt, lediglich mit dem Unterschiede, daß im letztern Falle die Kügelchen kleiner sind, und weiter aus einander stieben; 6 Zoll dieses Drahts werden in Gestalt von Flocken und Kügelchen in einen braunen Eisenoxyd verwandelt. Um hierbei mit Genauigkeit zu verfahren, muß man den niedrigsten Grad von Schmelzung suchen, der sich dadurch charakterisirt, daß der Draht, indem der Schlag hindurch geht, in seiner ganzen Länge roth glühet, und darauf erst in Kügelchen zerfällt.

Das aufgefundenne Verhältniß, wonach die Länge des schmelzenden Drahtes mit der Menge der sich entladenden electrischen Materie wächst, belehrte mich, daß ich die Zunahme an Kraft, welche eine Batterie durch das Hineinhauchen erhält, zu hoch geschätzt hatte. Da eine 17füßige Batterie von 15 Flaschen, gut gereinigt und getrocknet, 18 bis 22 Zoll Draht von  $\frac{1}{16}$  Zoll Durchmesser, nach dem Hineinhauchen in jede Flasche hingegen 60 Zoll dieses Drahtes, folglich eine dreifache Draht-



länge so eben schmolz; so war, den obigen Versuchen zufolge, die electricische Kraft im letztern Falle 12mal so groß als im erstern, und 15 Flaschen thaten nach dem Hineinhauchen dieselbe Wirkung, welche 21 trockene und gereinigte Flaschen gehabt haben würden.

Es scheint nicht leicht zu seyn, diese Wirkung des Hineinathmens in die Flaschen zu erklären. Die meisten Physiker, denen ich den Versuch zeigte, wären geneigt, zu glauben, der Hauch wirke an dem innern unbelegten Theile der Flaschen gleich einer Belegung; allein das ist, wie wir sehen werden, nicht möglich. Die Meinung, welche Herr Nicholson in seinem *Journale der Physik*, II, 219, äußert, kommt der Wahrheit näher, erklärt jedoch, wie es mir scheint, die Erscheinung nicht hinreichend. Ich stimme darin mit ihm überein, daß Selbstentladungen längs des unbelegten Glases mehrentheils von einer Art von Wellenbewegung herrühren; daß aber diese Wellenbewegung durch Entladung einzelner geladener Zonen bewirkt werde, möchte schwer zu beweisen seyn, da sich auf trockenem und gereinigtem Glase solche Zonen wohl nicht bilden können.

Wird eine völlig getrocknete und gereinigte Flasche an den Conductor der Maschine gesetzt, und der innere Theil geladen: so strebt die in dem zuführenden Drahte angehäuften electricischen Materie

rfügsum, und die im innern Belege zusammenge-  
 drängte, aus dem obern Rande dieser Belegung aus-  
 zuströmen; und dadurch bilden sich um beide ele-  
 ctrische Atmosphären, die an Dichtigkeit zunehmen,  
 so wie die Ladung stärker wird, und welche bald  
 die ganze Flasche einnehmen. Ein Theil der in die  
 Belegung hineingezwängten electrischen Materie  
 tritt in die Oberfläche des Glases; wo dieses aber  
 nicht belegt und von außen und innen gereinigt  
 und getrocknet ist, widersteht die innere Seite die-  
 sem Eindringen, und hält; da die beim natürlichen  
 electrischen Zustande in der Außenseite vorhandene  
 electrische Materie nicht entweichen kann, die in  
 der Flasche angehäuften electrischen Materie zurück.  
 Zuletzt überwindet diese bei immer stärkerer An-  
 häufung jenen Widerstand. Etwas electrische Ma-  
 terie entweicht aus der Außenseite; daraus entsteht  
 eine wellenartige Bewegung der innerlich angehäuften;  
 sie dringt sogleich stärker dahin, treibt da-  
 durch noch mehr aus der Außenseite heraus, und  
 so entsteht das Blitzen oder Leuchten, welches sich  
 immer zeigt, wenn eine gut gereinigte und getrock-  
 nete Flasche stark geladen wird. Bei fortdauernder  
 Ladung entsteht auf eben die Art wiederum ein  
 Leuchten und Hin- und Herwallen; und je nach-  
 dem die Maschine schneller wirkt, je nachdem mehr  
 electrische Materie bei jeder Wellenbewegung aus  
 der Außenseite entweicht, und je nachdem der un-  
 belegte Theil der Flasche trockner und reiner ist,  
 ist das zweite, dritte oder eins der folgenden  
 Leuch-

Leuchten mit einer Selbstentladung der Flasche verbunden. Zuweilen kommt es auch ohne vorhergehendes Leuchten zum Selbstentladen; dieses ist der Fall, wenn gleich die erste Wellenbewegung so stark ist, daß sie eine Entladung bewirkt, da sie dann so schnell auf jenes folgt, daß es unmerklich wird.

Manchmal zeigt sich beim Laden einer Flasche ein wiederholtes Leuchten, schnell hinter einander, welches nachher, ungeachtet die Maschine immer fort wirt, ohne eine Entladung bewirkt zu haben, aufhört. Dann ist der unbelegte Theil des Glases zwar ziemlich, doch nicht vollkommen rein und trocken, und enthält zwar einige leitende Theile, doch nicht so viel, daß die electriche Materie von einem zum andern, ohne ein Leuchten an der Aussenseite, überspringen könnte. Dabei verbreitet sie sich allmählig über die ganze Innenseite, wodurch die Wellenbewegung so gemindert wird, daß daraus keine Selbstentladung entsteht.

Wird nun vor der Ladung die Innenseite durch Hauchen befeuchtet, so muß die zugeführte electriche Materie, die sich über die ganze innere Belegung augenblicklich gleichmäfsig ausbreitet, sich eben so, wiewohl mit einiger Schwierigkeit, und daher nur allmählig, über die unbelegte Glasfläche ausdehnen, indem ihr die verdichtete Feuchtigkeit des Hauchs zum Leiter dient, und sie, so wie dieser sich angesetzt und angehäuft hat, aus den Rändern der Be-

legung an die Glasfläche in die Höhe tritt. Sind diese leitenden Theilchen gleichförmig über die ganze unbelegte Glasfläche vertheilt, so wird die ganze Innenseite der Flasche geladen, freilich der unbelegte Theil, wegen der Unvollkommenheit seiner Leitung, schwächer als der belegte; und bei dieser gleichförmigen Vertheilung über der ganzen innern Fläche entsteht weder ein Blitzen und Leuchten, noch eine Entladung längs des Glases zwischen beiden Belegungen. Eher wird die Flasche selbst durchbohrt, oder ist sie dazu zu stark, so strömt die electriche Materie, längs der obern Oeffnung der Flasche, mit eben der Geschwindigkeit aus, mit der sie ihr zugeführt wird.

Eine Selbstentladung kann nur dann erfolgen, wenn ein Körper von hinlänglicher Masse und Leitungsfähigkeit vorhanden ist, um den Theil von electriche Materie, der sich entladet, an der Stelle der Entladung in sich zu schliessen; ohne dies wird nie eine Entladung statt haben. Die leitende Feuchtigkeit reicht aber nur eben hin, die von der Maschine angehäuften electriche Materie über der Glasfläche zu verbreiten, ist aber nicht dicht genug, um eine Selbstentladung in sich zu nehmen oder zu beherbergen. Ereignet sich eine Selbstentladung, so kann sie nur von der innern Belegung, oder von dem Drahte in der Flasche herrühren, aus denen sie zur äußern Belegung überspringt; beides wird in diesem Falle gehindert. Die innere Belegung kann

**Sich nur durch ihren obern Rand entladen; das geht dann aber nicht an, da die Flasche dicht über diesem Rande eben so stark als in der Belegung mit electricischer Materie gefüllt ist, die sich nach allen Seiten zurücktreibt. Eben so hindert die Repulsivkraft der auf den obern Rand der Innenseite condensirten electricischen Materie die Entladung des Drahtes: mithin kann eine Flasche unter diesen Umständen sich nicht von selbst entladen; und ist das Ladungsvermögen erschöpft, so strömt die electricische Materie eben so schnell, als sie ihr zugeführt wird, über den obern Rand der Flasche aus.**

**Diese Vergrößerung der Ladungsfähigkeit einer Flasche und einer Batterie ist folglich zwar, ohne Zweifel, den feuchten Theilchen zuzuschreiben, die sich auf der innern unbelegten Fläche des Glases niederschlagen; allein diese wirken nicht, wie manche glaubten, als eine Belegung, sondern bloß dadurch, daß sie in den Zustand kommen, oder vielmehr das Vermögen erhalten, einer Selbstentladung zu widerstehen, so daß sich eine stärkere Ladung als außerdem in die Belegung hineinzwängen läßt. \*)**

**\*) Wahrscheinlich haftet die electricische Materie nicht sowohl an den feuchten Theilchen, wie es sich Cuthbertson vorstellt, als vielmehr an der behauchten innern Seite des Glases selbst. Dann wäre das Behauchen ein Mittel, das Glas, das sonst nur durch Reibung ursprünglich zu electri-**

Wenn die Flaschen entladen werden, so entladet sich zwar wohl etwas von der auf der innern unbelegten Glasfläche angehäuften electricischen Materie zugleich mit, (vielleicht bis auf  $\frac{1}{2}$  Zoll, über den

siren ist, auch durch Zuführung und Mittheilung electricisch zu machen. Bekanntlich läßt aber das Glas, so wie andere Nichtleiter, die auf seiner Oberfläche angehäuften electricische Materie bei Berührung mit Leitern, und so auch wahrscheinlich bei allen übrigen Entladungen, nur stellenweise, (am berührten Orte selbst,) und nicht alle auf einmal fahren. Dadurch würde das Ueberspringen der auf der unbelegten innern Seite des Glases condensirten electricischen Materie zur äußern Belegung in Gestalt einer Selbstentladung unmöglich; die Repulsivkraft der hier im Glase haftenden electricischen Materie verhinderte zugleich, wie Cuthbertson richtig bemerkt, die Selbstentladung der innern Belegung oder des zuführenden Drahtes, und eben deshalb ließe sich in beiden weit mehr Electricität als ohne dies anhäufen. Auch nach dieser Erklärung beruhete daher die Verstärkung der Ladung durch das Hineinhauchen lediglich und allein auf der stärkern Anhäufung der Electricität in der innern Belegung und im Drahte, und keinesweges auf der im unbelegten Theile des Glases haftenden electricischen Materie. Wird die Flasche mittelst einer leitenden Verbindung zwischen der äußern und innern Belegung entladen, so kann nur die electricische Materie, welche in der innern Belegung und dem Drahte, als Leitern, condensirt ist, plötzlich und mit einem Mahle, in Gestalt eines electricischen Schlags, nach der äußern Belegung

Rand der Belegung, mehr oder weniger, nach dem Grade der Feuchtigkeit und der Lage der feuchten Theilchen;) allein dieser Zuwachs der Entladung ist von weniger Bedeutung, und vermag keinesweges bei einer Batterie von 15 Flaschen die Wirkung in dem Grade, als wenn 7 Flaschen mehr vorhanden wären, wie das in der That der Fall ist, zu erhöhen.

überfahren. Die an dem nicht-leitenden Glase haftende Electricität wird dadurch vom Glase nicht getrennt. Cuthbertson läugnet daher mit Recht, daß die Feuchtigkeit als Belegung wirke; wiewohl mir die in dieser Anmerkung versuchte Erklärung den wahren Punkt noch besser, als die Cuthbertsonsche, zu treffen scheint. . d. H.

---



## II.

*Wie die Stärke electriccher Batterien  
während des Ladens zu messen ist,*

vom

Obrist-Lieutenant HALDANE. \*)

Die Batterie werde isolirt, ihre äußere Belegung mit dem Innern einer nicht-isolirten Leidner Flasche in Verbindung gebracht, und mit dieser ein daneben stehendes Cuthbertson'sches Electrometer, welches man der Stärke der Ladung, die man als Einheit oder Maass hierbei brauchen will, gemäß einrichtet. Indem die Batterie geladen wird, erhält die Leidner Flasche eine Ladung von entgegengesetzter Electricität; und sobald diese stark genug ist, das Electrometer in Bewegung zu setzen, so entladet sie sich. So oft dieses geschieht, ist immer die Leidner Flasche gleich stark geladen, mithin von der äußern Belegung der Batterie immer gleich viel electriche Materie in sie übergegangen, und daher auch, der Franklin'schen Theorie gemäß, der Batterie selbst immer gleich viel Electricität zugeführt worden; daher die Zahl der Schläge jener Flasche anzeigt, wie viel solche Maasse von Electricität die

\*) Nicholsons *Journ. of Nat. Phil.*, Vol I, pag. 156 — 158, viel eher als der vorhergehende Cuthbertson'sche Aufsatz geschrieben und abgedruckt.



Batterie enthält, folglich auch die Kraft, welche die Batterie beim Entladen äußert.

Die folgenden Versuche sind mit einer sehr wirksamen Nairnschen Electrirmaschine, mit einem Cylinder von beinahe 18 Zoll im Durchmesser, angestellt. Die kleine Batterie hatte ungefähr 6 Quadratfuß, die Flasche 90 Quadratzoll Belegung; der Schlag der Batterie wurde durch einen Eisendraht, 2 Zoll lang und 0,045 Zoll im Durchmesser, geleitet; und das Electrometer bei jedem Versuche anders eingerichtet, indem das Gewicht in der Wage und der Abstand der entladenden Kugel jedes Mal verändert wurden.

*Erster Versuch.* Das Electrometer erhielt das kleinste Gewicht, und die Entladungskugeln wurden einen Zoll weit aus einander gesetzt. Als die Batterie nach einmahliger, dann auch nach zweimahliger Entladung der Flasche, abgebrannt wurde, blieb der Draht ganz unverändert. Nach einer Ladung von 3 Schlägen, mithin von 3 Maass Electricität, schlug die Batterie leuchtende Theilchen vom Drahte ab; eben so bei 4 Maassen. Eine Ladung von 5 Maassen zerriss den Draht und machte ihn roth glühen, und eine von 6 Maassen schmolz ihn in rothglühende Kügelchen zusammen. Bei 9 bis 10 Maassen entlud sich die Batterie von selbst.

*Zweiter Versuch.* Alles blieb wie vorhin, nur wurde die Entfernung der entladenden Kugeln bis auf 2 Zoll vergrößert. Jetzt wirkte 1 Maass nichts; 2 und 3 Maass schlugen leuchtende Theilchen, letztere

mit einem Dampfe, ab; 4 Maafs glüheten und zerrissen den Draht; und 5 Maafs schmelzten ihn in glühende Kugeln zusammen; 7 bis 8 Maafs gaben eine freiwillige Entladung.

*Dritter Versuch.* Als das Electrometer mit dem größten Gewichte beschwert, und die entladenden Kugeln einander bis auf einen Zoll genähert wurden, blieben die Erscheinungen gerade dieselben, und die Selbstentladung erfolgte bei 8 bis 9 Maassen; und als man die Entladungskugeln wieder bis auf 2 Zoll von einander entfernte, kamen alle diese Erscheinungen bei einer Zahl von Maassen, die um eins kleiner als im zweiten Versuche war, zum Vorschein; die freiwillige Entladung bei 6 bis 7 Maassen.

*Vierter Versuch.* Das Electrometer blieb mit dem schwersten Gewichte versehen, die Entladungskugeln standen 2 Zoll von einander, und nun wurde eine zweite Batterie von 12 Quadratfuß Belegung zur ersten hinzugefügt, dafür aber 2 Zoll eines 0,08 Zoll dicken Drahts eingespannt. 1 Maafs wirkte nichts; 4 und 6 Maafs schlugen leuchtende Theilchen, letztere unter Dampf, ab; 8 Maafs brachten den Draht zum Roth glühen und zerrissen ihn; 10 Maafs zerstückten ihn in rothglühende Kugeln; und 15 bis 16 Maafs bewirkten eine freiwillige Entladung.

## III.

WILL. NICHOLSON'S  
*Nachricht von einigen Versuchen*  
 CUTHBERTSONS,  
 angestellt,  
 um ein Maass für die Kraft electriccher  
 Maschinen zu finden. \*)

Mehrere Fundamental - Versuche für die Lehre von der Electricität sind noch erst anzustellen. Einer der wichtigsten unter ihnen ist die Bestimmung des Grades von Electricität, den eine Maschine im Verhältnisse zu der reibenden Fläche erregt, da weder die Länge noch Gestalt der Funken aus dem Conductor oder aus einer Flasche von gegebener Grösse, noch die Weite, bis auf welche die electriche Anziehung des Conductors wirkt, die Stärke der Maschine zu bestimmen ausreicht. Auf die erstere haben die Grösse des Conductors, die Art seiner Endigung, und besonders die von Herrn van Marum

\*) Im Auszuge aus Nicholsons *Journ. of Nat. Philos.*, II, 215 — 219. Dieser Aufsatz wurde gleichfalls eher als Cuthbertsons Abhandlung unter No I geschrieben, und scheint zwar Cuthbertsons Versuchen eine andere Absicht beizulegen, als der Künstler, nach Aufsatz I zu urtheilen, dabei hatte, dient aber doch, manches in jenem Aufsatze zu erläutern. d. H.

bemerkte Wellenbewegung; und auf die letztere nicht bloß die minder wesentlichen Theile der Maschine, sondern auch die GröÙe und Gestalt des Zimmers, worin die Maschine steht, Einfluß. Die Electricer suchten sich daher an die zweite Methode zu halten; allein auch gegen sie erregt Cuthbertson gegründete Zweifel, gestützt auf Versuche, die er mir auf meine Bitte wiederholt hat.

Cavendish schloß aus einer Reihe von Versuchen über die Ladung electrischer Flaschen, daß sich die Menge von Electricität, welche belegtes Glas von verschiedener Gestalt und GröÙe, durch denselben Grad von Electrification, annehmen, sich direct wie die GröÙe der Belegung, und verkehrt, wie die Dicke des Glases verhalten, und daß bei verschiedener Intensität die Menge von Electricität, unter gleichen Umständen, mit der Länge der Funken nahe in gleichem Verhältnisse steht. \*) Cuthbertson weicht, seiner großen Erfahrung gemäß, von diesen allgemeinen Schlusssätzen ab. Bei großen Intensitäten ist der Funken viel länger, als er es nach Verhältnisse der Ladung seyn sollte, \*\*) und eine Ladung von geringer Intensität läßt sich, wie man aus einigen der folgenden Versuche schließen muß, weder durch ihren sehr kurzen Funken, noch durch die Zahl der Umdrehungen der Maschine messen. Die

\*) *Philosophical Transactions*, Vol. 66, pag. 196.

\*\*) *Eben daselbst*, Vol. 76.

Electriker bedienen sich gewöhnlich des besten Glases ihrer Gegend, und daher in der Regel alle nur Einer Art von Glas. Allein Cuthbertson hat bemerkt, daß die verschiedenen Arten des weissen, und noch viel mehr des grünen Glases, bei gleicher Oberfläche und Dicke, ganz verschiedener Mengen von Electricität bedürfen, um gleich stark geladen zu werden. Er zeigte mir zwei gleich dicke Flaschen, die beide, nach der Zahl der Umdrehungen zu urtheilen, ein gleiches Ladungsvermögen hatten; die Belegung der einen war um  $\frac{1}{3}$  kleiner als die der andern. Hieraus folgt die Nothwendigkeit, das Kennzeichen zur Schätzung der Stärke der Electricität, von der Grösse der Belegung einer Flasche unabhängig zu machen. Cuthbertson empfiehlt hierzu das Schmelzen von Stahldraht; da aus seinen Versuchen folgt, daß gleiche Mengen von Electricität, in Gestalt einer Entladung, immer gleiche Längen von derselben Art Draht schmelzen, die Capacität der Flasche sey gröfser oder kleiner, überschreitet sie nur nicht gewisse Grenzen. Dieses zu erweisen, war der Hauptzweck seiner Versuche.

Es wurden zwei Maschinen in Bewegung gesetzt, eine einfache und eine doppelte 2füßige Scheibenmaschine, jene mit zwei, diese mit vier Paar Reibeküfßen, jedes 5 Zoll lang, die in einem Durchmesser der Scheibe, an dessen Enden, einander gegen über standen, so daß die ganze geriebene Fläche an der einfachen Maschine 1193,8 Quadrat Zoll oder 8,29 Quadratfuß, an der 2scheibigen Maschine das Doppelte

betrug. Eine mit Lane's Entladungs-Electrometer versehene Flasche diente, die Geschwindigkeit, womit die Electricität erregt wurde, zu zeigen. An den Conductor der ersten Maschine gesetzt, schlug sie bei  $7\frac{1}{2}$  Umdrehungen 5mahl los; an den Leiter der doppelten gebracht, gab sie bei gleich vielen Umdrehungen etwas mehr als die doppelte Ladung. Zu allen folgenden Versuchen wurde die einfache Scheibenmaschine genommen.

Eine Flasche, deren äußere Belegung 6 $\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser und  $7\frac{1}{2}$  Zoll Höhe hatte, die 0,16 Zoll dick war, und die über die Belegung  $4\frac{1}{4}$  Zoll senkrecht hervorragte, deren Belegung mithin 188 Quadrat Zoll betrug, wurde an den ersten Conductor der Maschine gesetzt. Sie war oben offen, und verengerte sich hier ein wenig. Nach 4 Umdrehungen verbreiteten sich einige Blitze in verschiedenen Zweigen über den unbelegten Theil, und bei der sechsten Umdrehung erfolgte eine Selbstentladung längs des durchsichtigen Glases. Darauf hielt Cuthbertson eine Glasröhre in die Flasche, bis nahe an den Boden derselben, und blies zweimahl hinein, um, wie er sagte, die Flasche dadurch fähig zu machen, die Ladung länger zurück zu halten; eine der gewöhnlichen Meinung von der Schädlichkeit der Feuchtigkeit ganz widersprechende Methode, die ihm indess den Versuchen Brookë's zu entsprechen scheint, nach denen eine Flasche, deren unbelegter Theil durch Begrei-

fen beschmutzt war, eine sechsmahl stärkere Ladung, als völlig gereinigt, ohne sich selbst zu entladen, fassen konnte. \*) Ich hatte bisher diesen Versuch als einen Beweis angesehen, daß Glas, welches durch das Begreifen fettig geworden ist, die Feuchtigkeit der Luft nicht so stark, als wenn es rein ist, anzieht, und hatte mich dem gemäß schon öfters des Talgs statt eines Firnisses bedient, um das Isoliren durch Glasfüße dadurch zu erhöhen. Cuthbertsons Methode hatte indeß gerade dieselbe Wirkung; denn die Flasche zeigte nun während der ganzen drei Stunden, welche die Versuche dauerten, weder Blitze noch eine Neigung zum Selbstentladen, ob sie gleich mitunter Ladungen von 10 bis 12 Umdrehungen erhielt. Die Flasche wurde so entladen, daß der Schlag durch eine mäßige Entfernung auf einen isolirten Knopf überspringen, und dann durch 5 Zoll Spiralfederdraht, der zwischen zwei kleine Zänglein eingespannt war, hindurch gehn mußte; und dann vergrößerten wir allmählig die Entfernung des Knopfs von der Flasche, bis endlich der Schlag so stark wurde, daß der ganze Draht glühete und nahe am positiven Ende zerris, wo ein oder zwei leuchtende Kügelchen davon abflogen. Zu solch einer Wirkung wurden 10 Umdrehungen erfordert, und der Fun-

\*) *Miscellaneous Experiments and Remarks on Electricity etc., by A. Brook. Norwich 1789, ins Deutsche übersetzt.*



ken sprang  $1\frac{1}{4}$  Zoll weit von der Flasche zum Knopfe über.

Zur vorigen setzten wir nun noch eine zweite Flasche an den Conductor, und verbanden ihre äussere Belegung durch eine Leitung. Diese Flasche hatte eine Dicke von  $0,17$  Zoll, und eine Weite von  $6,2$  Zoll; war  $8\frac{1}{2}$  Zoll hoch belegt und  $3\frac{1}{2}$  Zoll hoch nicht belegt; ihre äussere Belegung betrug mithin  $190$  Quadratzoll oder  $1\frac{2}{3}$  Quadratfuss. Der vorige Versuch wurde mit Schlägen aus diesen beiden Flaschen zugleich wiederholt. Als der Draht unter denselben Umständen, wie vorhin, rifs, waren sie mit  $9\frac{1}{2}$  Umdrehungen geladen, und der Entladungsfunken sprang  $\frac{3}{4}$  Zoll weit über; eine schöne Bestätigung des Resultats, welches Guthbertson aus seinen frühern Versuchen gezogen hatte, dass stets eine gleiche Menge Electricität erfordert wird, um gleich viel Draht derselben Art zu schmelzen, die geladene Glasfläche möge auch noch so verschieden seyn.

Als von demselben Drahte  $2\frac{1}{2}$  und nachmahls  $2\frac{1}{2}$  Zoll zwischen die Zänglein eingespannt und die erste Flasche allein beibehalten wurde, reichten  $5$  Umdrehungen der Scheibe hin, den erstern Draht noch viel stärker, den letztern aber gerade so, als die  $5$  Zoll im vorigen Versuche, zu durchglühen, zu zerreißen und Kugeln davon abzuschlagen. Dieses scheint dahin zu deuten, dass sich die Menge



von Electricität allerdings wie die Längen des unter gleichen Umständen geschmolzenen Drahts verhält.

Bei einer Batterie aus 15 Flaschen, von 17 Quadratfuß Belegung, wurden 19 Umdrehungen der Maschine erfordert, um 5 Zoll desselben Drahts schwach röthlich glühend zu machen; bei 20 Umdrehungen zerrifs er unter den vorigen Umständen. Ein halb so langer Draht wurde bei 12 Umdrehungen durchglüht, und bei 15 Umdrehungen etwas stärker wie der vorige geschmolzen. Hier hätte also die Batterie gerade noch einmahl so viel Electricität bedurft, um dieselbe Wirkung, als zuvor eine geringere Belegung, hervorzubringen. Dies konnte theils an der vergrößerten Länge, durch die der Schlag jetzt hindurchgehn mußte, und die an beiden Seiten 6 Fuß betrug; theils an einer Verminderung in der Kraft der Maschine liegen. Wir verkürzten daher die Verbindung, so daß sie mit der bei den Flaschen gleiche Länge behielt, und untersuchten die Kraft der Maschine, die, da sie bei  $7\frac{1}{2}$  Umdrehungen die Flasche mit dem Lanchen Entladungs-Electrometer 5mahl zum Entladen brachte, nichts an Kraft verloren haben konnte.

Bei dieser neuen Anordnung der Batterie wirkten 12 Umdrehungen gar nicht auf den Draht; 21 Umdrehungen zerfiebten den ganzen in Kügelchen bei einem heftigen Glühen; wahrscheinlich

würden 20 Umdrehungen ihn, wie zuvor, zerrissen haben. Auf einen halb so langen Draht wirkten 12 Umdrehungen gleichfalls nicht, aber bei 13 Umdrehungen glühte er und zerriss, indem ein oder zwei Kügelchen abgeschlagen wurden. Einen Zoll Draht zerschmelzten 10 Umdrehungen grossen Theils zu Kügelchen. — Diese Versuche scheinen zu dem Schlusse zu berechtigen, daß, um gleiche Wirkung auf Draht hervorzubringen, bei einer grossen Belegung, und mithin einer geringen Intension, mehr electriche Materie, als bei stärkern Intensionen, erfordert wird. Vielleicht, daß die Geschwindigkeit der electriche Materie zu geringe ist, als daß der ganze Schlag bei grossen Belegungen sich zu gleicher Zeit im leitenden Drahte befinden kann; oder der Andrang desselben ist schwächer; oder endlich mag das Leitungsvermögen der sehr verdünnten Luft, durch welche der Schlag zuletzt hindurch geht, beträchtlich abgenommen haben. \*)

Während der drei Stunden, welche diese Versuche gedauert hatten, war die Maschine fast immer in Bewegung gewesen. Sie brauchte nun zu 5 Entladun-

\*) Sollte es nicht viel einfacher seyn, diesen Unterschied aus dem verhältnismässig viel grössern Rückstande an electriche Materie zu erklären, die nach einer Entladung in grossen Belegungen bei geringern Intensionen, als in kleiner Belegung bei starker Intension, bleibt?

Ladungen der Probeflasche wenig mehr wie 8 Umdrehungen, so daß die Geschwindigkeit, mit der sie Electricität erregte, höchstens um  $\frac{1}{10}$  theil mochte abgenommen haben.

Werfen wir noch einen Rückblick auf diese Versuche, so sieht man, daß sie freilich noch mancher Wiederholung und Abänderung bedürfen, \*) um zu erhärten, daß eine gleiche Menge von Electricität, bei verschiedener Grösse und Gestalt der Belegung, wofern sie nur eine beträchtliche Intension hat, immer gleich viel Draht von derselben Art schmelzt, will man anders sich nicht auf Cuthbertson's Resultate verlassen.

Was den sonderbaren Umstand betrifft, daß eine gereinigte und getrocknete Flasche sich von selbst entladet, daß sie hingegen, durch Hineinhauchen gefeuchtet, ihre Ladung weit länger zurück hält; so scheint es, als lasse sich dieses aus der Theorie nicht ohne Schwierigkeit ableiten. Ich bin geneigt, diese Wirkung von inner wellenartigen Bewegung abzuleiten. Die gereinigte unbelegte Glasfläche wird vielleicht, wie

\*) Dergleichen, und zwar genauere und zuverlässigere, hat nachmahls Cuthbertson selbst in dem Aufsatze mitgetheilt, welcher in diesem Hefte der Annalen vor Nicholson's Nachricht steht.

d. H.

Priestley und Andere gezeigt haben, mit abwechselnden Zonen entgegengesetzter Electricität geladen. Haben diese die gehörige Intension erreicht, so mögen sie sich gegenseitig entladen, und dadurch in der ganzen Ladung ein Wellen bewirken, welches das Ueberspringen derselben von der einen zur andern Belegung sehr befördert. Ist dagegen die Glasfläche mit einzelnen Theilen von Feuchtigkeit bedeckt, so findet von Theilchen zu Theilchen nur ein geringeres Ueberspringen statt, wodurch die Ruhe der Ladung nicht gestört wird; und daher erfolgt nicht eher eine Selbstentladung, als bis die Intensität so groß wird, daß die Ladung durch eine Reihe von Theilchen getrieben wird, die von einer Belegung zur andern reicht.

---

IV.

UNTERSUCHUNGEN

über

die Verengerung, welche sich im Wasserstrahl bildet, wenn Wasser aus Gefäßen durch eine Oeffnung in einer dünnen Platte ausströmt,

von

J. B. VENTURI,  
Prof. der Physik zu Modena.\*)

INHALT.

1. Die Verengerung eines Wasserstrahls, der durch eine dünne Platte aus einem Gefäße ausfließt, ist nicht der Newtonsche Cataract. — Die Geschwindigkeit in der verengerten Stelle ist fast dieselbe, welche zur Höhe des Wasserstandes, als Fallhöhe, gehört.

2. Sonderbare Gestalt eines Strahls, der durch eine Ritze ausfließt. *Versuch 3.* Bei geradlinigen Oeffnungen entsprechen die Seiten des verengerten Strahls den Winkeln der Oeffnung, und umgekehrt. Ursache dieser Erscheinung.

3. Bei höherm Wasserstande fällt die Stelle der größten Verengerung des Strahls tiefer unter die Oeffnung hinab, als bei kleinern Wasserhöhen. *Versuch 32.* Andere Verschiedenheit in Gestalt und Geschwindigkeit des sich verengernden Strahls. *Versuch 33 und 34.* — Ausfluß aus einer Röhre, deren inneres Ende in das Gefäß selbst hineingeht. *Versuch 35.*

\*) Eine Zugabe zu seinen *Recherches expérimentales*, pag. 71 — 80.

Man hat schon vieles über die convergirenden Richtungen geschrieben, in welchen die Wassertheilchen aus einem Gefäße durch eine Oeffnung strömen, die in einer dünnen Platte ohne vorgesetzte Röhren angebracht ist, und über die Gestalt, welche dann der sich verengernde Wasserstrahl annimmt. Die Betrachtungen und Versuche, die ich mittheilen will, werden einige weitere Aufklärung hierüber an die Hand geben.

Ich fange damit an, die Fundamentallehre der Hydraulik wider die Meinung eines Gelehrten zu vertheidigen, der sich durch seine Bemühungen und seinen Eifer für die Fortschritte der Wissenschaft auszeichnet; nämlich gegen Lorgna, den Stifter der italiänischen gelehrten Gesellschaft. Er behauptet: \*) der sich verengernde Theil des Wasserstrahls sey nichts anders, als eine Fortsetzung des Newtonschen Cataracts, und die Geschwindigkeit des Wassers beim Ausströmen aus einer Oeffnung in einer dünnen Platte sey viel geringer als die Geschwindigkeit, welche zur Wasserhöhe im Gefäße, als Fallhöhe, gehört. Und zwar, wenn *MD*, Taf. I, Fig. 2, die Achse des Wasserstrahls ist, der durch die kreisrunde Oeffnung *B* im Boden eines Gefäßes ausströmt, und man setzt den Halbmesser dieser Oeffnung  $BC = 1$ , die Höhe des Wasserstandes im

\*) *Mem. della Società Italiana*, Vol. IV.

Gefäße  $MB = a$ , und macht  $BD = BC = 1$ ; so ist, nach Lorgna's Behauptung,  $0,472 \cdot a = HB$  die Fallhöhe, welche zur Geschwindigkeit gehört, mit der das Wasser durch die Oeffnung  $BC$  ausströmt. Lorgna stützt diesen Satz auf Rechnungen über die gegenseitige Einwirkung der Wassertheilchen. Allein da in dieser Materie die Bemühungen der größten Geometer bisher fehlgeschlagen sind, so muß man in einen Beweis, der aus theoretischen Gründen der Mechanik abgeleitet ist, billig einigcs Mißtrauen setzen. So wahr und unbezweifelich die Lehrsätze der Mechanik auch an sich sind, so außerordentlich schwierig wird ihre Anwendung auf eine unendliche Menge von Wassertheilchen, die nach allen Seiten beweglich sind, und den Druck nach allen Richtungen fortpflanzen; (und eben wegen der Nothbehelfe, wozu man deshalb schreiten muß, wird diese Anwendung der Mechanik sehr unsicher.)

Wir wollen sehen, ob Lorgna's Theorie mit der Erfahrung zusammenstimmt. Gehört die Geschwindigkeit, welche das Wasser in der Oeffnung  $B$  hat, zur Fallhöhe  $HB = 0,472 \cdot a$ , so ist die Geschwindigkeit desselben in  $D$  nach dem Verhältnisse von  $\sqrt{HB} : \sqrt{HD}$  größer, und nach demselben Verhältnisse wird sich der Querschnitt des Wasserstrahls in  $D$  verengern. \*) Folglich ist  $DE$

\*) Siehe *Annalen der Physik*, B. II, S. 405 f. d. H.



$= \sqrt{\left( \frac{0,472 \cdot a}{1 + 0,472 \cdot a} \right)}$ , \*) und dieses ist die Formel für Newtons hyperbolisches Conoid.

Wäre kein anderer Grund zur Verengerung des ausfließenden Wasserstrahls, als die zunehmende Geschwindigkeit desselben, hierbei im Spiel; so müßte die GröÙe von  $DE$ , wie man sie aus Versuchen findet, mit der, wie sie diese Formel bestimmt, zusammenstimmen. Allein beide weichen sehr weit von einander ab, wie man aus folgender Tabelle sehen kann.

	Werth von $DE$ in Theilen von $BC$ ausgedruckt,	
	nach den Versuchen.	nach der obigen Formel berechnet.
Poleni's, (de castellis, §. 35)	0,79	0,97
Michelotti's, (Sperim. Idrul. Tom. I, esper. 46; Tom. II, esper. IV) —	0,80	0,99
Boffut's, (Hydrod. Art. 437, exper. V) — —	0,818	0,99
Nach meinen Versuchen bei 35 Zoll hohem Wasserstande, und einer kreisförmigen horizontalen Oeffnung von 18 Linien Durchmesser —	0,798	0,984

\*) Da nämlich die Querschnitte des Strahls in  $B$  und  $D$  beiderseits Kreise sind, so verhalten sie sich wie die Quadrate der Halbmesser; und folglich ist  $BC^2 : DE^2 = \sqrt{0,472 \cdot a} : \sqrt{(0,472 \cdot a + ED)}$



Hieraus ist es offenbar, daß sich der Wasserstrahl, wenn er senkrecht herunter fließt, den Versuchen nach bei weitem mehr verengert, als es vermöge seiner zunehmenden Geschwindigkeit durch die Beschleunigung der Schwere geschehn müßte; und noch viel mehr ist das bei einem horizontal ausströmenden, oder einem senkrecht in die Höhe springenden Wasserstrahle der Fall, wo gar keine Beschleunigung durch die Schwere im Fortströmen statt findet, und wo sich doch der Strahl fast eben so verengert, als wenn er senkrecht hinabfließt. Folglich ist die Verengung des Wasserstrahls ganz etwas anderes als Newton's Hyperboloide.

Um zu beweisen, daß der Strahl bei seinem Ausflusse aus der Oeffnung nicht die ganze Geschwindigkeit hat, die zur Wasserhöhe über dem Mittelpunkte der Oeffnung, als Fallhöhe, gehört, führt Lorgna die Versuche Kraft's an. \*) Diese sind aber auf den gegenwärtigen Fall nicht anwendbar, da sie mit cylindrischen Röhren angestellt sind, und in solchen Röhren, wie wir gesehen haben, jederzeit ein Theil der Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers aufgehoben wird, welches bei dem Ausflusse durch Oeffnungen dünner Platten nicht

oder da  $BC = BD = 1$  ist,  $1 : DE = \sqrt[3]{0,473 \cdot a} : \sqrt[3]{(1 + 0,472 \cdot a)}$ , woraus der obige Werth von  $DE$  folgt.  
d. H.

\*) Act. Petrop., Vol. 8.

der Fall ist. \*) Lorgna will ferner nicht, daß man die Geschwindigkeit, womit Strahlen, die senkrecht in die Höhe springen, aus den Gefäßen hervorströmen, mittelst der Höhe bestimme, bis zu der sie steigen; weil er fürchtet, es sey bloß das nachfolgende Wasser des Strahls, welches das vorangehende treibt und es bis nahe an das Niveau des Wasserstandes im Gefäße erhebt. Allein wenn man den Strahl plötzlich unterbricht, so steigen die letzten Wassertheilchen bis auf die nämliche Höhe, als die vorhergehenden, ohne eine zusammenhängende Wassersäule hinter sich zu haben, die ihnen folgte und sie stützte. Mithin haben sie offenbar beim Ausströmen durch die Oeffnung die ganze Geschwindigkeit erlangt, mittelst der sie bis nahe zum Niveau der Oberfläche des Wassers im Gefäße steigen.

Schränken wir uns fürs erste auf den horizontalen Ausfluß aus Gefäßen ein, so scheint mir einer der Versuche, die ich im vorigen Aufsatze mitgetheilt habe, (B. II, St. 4, IV,) entscheidende Resultate für diese Vergleichung zu geben. Als der Wasserstand im Gefäße 32,5 Zoll, und die senkrechte Höhe  $PM$ , (B. II, Taf. IX, Fig. 1,) 54 Zoll betrug, war die horizontale Entfernung  $MN$  jederzeit 81,5 Zoll; mithin

\*) Selbst Torricelli hatte dieses Seite 168 seiner Werke bemerkt: „*Quotiescunque autem aqua per tubum latentem decurrens per angustias transire debuerit, falsa omnia reperies.*“ V.

nur um zwei Zoll kleiner, als sie seyn würde, wenn der horizontale Strahl mit der ganzen Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe von 32,5 Fufs gehört, aus der Oeffnung ausgeströmt wäre, und sie ungeschwächt bis *N* beibehalten hätte. Der Durchmesser des Strahls, da, wo er am meisten verengert war, betrug sehr nahe 14,3 Linien, und die Geschwindigkeit desselben an dieser Stelle mußte für  $MN = 81,5$  Zoll, 149,5 Zoll in der Secunde seyn. Diese mit der Grösse des Querschnitts an der Stelle der größten Verengung multiplicirt, giebt einen Ausflufs, bei dem vier Kubikschuh Wasser in 41" Zeit ausströmen müssen; und damit stimmte der Versuch völlig überein. So haben wir drei durch Versuche bestimmte Maafse, die mit einander übereinstimmen und sich gegenseitig bestätigen; nämlich die Entfernung *MN*, die Verengung des Strahls, und die Zeit des Ausflusses. Da überdies die Erfahrungen Bossut's, Michelotti's und Poleni's beinahe die nämlichen Resultate geben, so scheint es keinem Zweifel weiter unterworfen zu seyn: 1. dafs der Querschnitt des Strahls, da, wo er am meisten verengert ist, ungefähr 0,64 von der Grösse der Oeffnung beträgt; und 2. dafs die Geschwindigkeit an dieser verengerten Stelle beinahe so grofs ist, als die Geschwindigkeit, welche zur Höhe des Wasserstandes über dem Mittelpunkte der Oeffnung, als Fallhöhe, gehört.

Diese beiden Erfahrungssätze gelten, wenn erstens die Oeffnung in einer dünnen Platte angebracht ist, und wenn zweitens das Wasser von allen Seiten her gleichförmig der Oeffnung zuströmt. Wird dieser innere gleichförmige Zufluß gestört, so muß auch der Erfolg sich ändern. Folgende Versuche wurden in der Absicht angestellt, um eine der auffallendsten Wirkungen solcher Veränderungen in der Richtung der zuströmenden und sich gegenseitig pressenden Wasseradern darzustellen.

*Versuch 31.* Vor die Mündung des Wasserbehälters wurde eine Platte mit einer Oeffnung *ACBD*, (Taf. I, Fig. 3,) welche die Gestalt einer Ritze hatte, und zwar so gesetzt, daß *A* und *B* horizontal lagen. Ihre äußern Enden *C* und *D* waren abgerundet; ihre Weite betrug nicht ganz 2 Linien, ihre Länge 18 Linien, und der Wasserstand im Gefäße über dem Mittelpunkte der Spalte 32,5 Zoll. Anfänglich hatte der ausfließende Wasserstrahl schon gleich bei der Oeffnung die Gestalt *EF*; darauf näherten sich die beiden Enden *E* und *F* immer mehr, und zugleich schwoh der Strahl in der Mitte auf, so daß sein Querschnitt in einer Entfernung von 4,5 Zoll von der Oeffnung die Gestalt eines Vierecks, wie *GH*, annahm. Endlich erweiterte sich der Strahl in senkrechter Linie, fächerartig, wie *KL*.

Dieselben Erscheinungen zeigten sich genau in der nämlichen Folge, als ich der Spalte eine senkrechte Lage gab, so daß *A* und *B* vertikal gerichtet waren. Nur war jetzt *EF* vertikal und der breite Fächer *KL* horizontal.

Die Wasseradern, die längs der beiden langen Ränder der Ritze *A* und *B* ausströmen, sind einander sehr nahe; und da sie convergiren, so streben sie, sich in einer sehr kleinen Entfernung von der Oeffnung zu vereinigen. Die Wasseradern, die längs *C* und *D* ausfliessen, sind entfernter, vielleicht auch weniger convergent, und können sich nur in einer größern Entfernung von der Oeffnung vereinigen. Mithin wird hier im Wasserstrahle auf zwei Verengerungen hingewirkt; beide Wirkungen halten sich aber zum Theil das Gleichgewicht, und machen, daß die größte Verengung *GH* erst in einer 5mahl größern Entfernung von der Oeffnung, als bei einer kreisrunden Oeffnung, deren Durchmesser der Länge der Spalte gleich ist, entsteht.

Dieser Versuch giebt über ein Phänomen Aufschluß, das *Poleni* und Andere in einigen besondern Fällen bemerkt, doch nicht erklärt haben. So oft die Oeffnung in der dünnen Platte, durch welche das Wasser ausströmt, eine geradlinige Figur ist, entsprechen die Ecken des sich verengern den Wasserstrahls den Seiten dieser Figur, und umgekehrt. Ist z. B. die Oeffnung ein Viereck von

der Form und Lage, wie *MNOP*, (Fig. 4.) so liegt die größte Verengung des Strahls weiter vom Gefässe ab, als in einer kreisförmigen Oeffnung, und nimmt die Gestalt und Lage *QRST* an. Der Grund davon ist, weil die einander gegen über stehenden Winkel *M* und *P* weiter von einander entfernt sind, als die gegen über stehenden Ränder *I* und *V*, weshalb sich hier das Nämliche, wie in der Spalte *ACBD*, ereignet. Gerade so entsteht bei einer dreiseitigen Oeffnung in der Lage *X* ein verengter Strahl von der Form und Lage *Z*; u. s. f.

**3. Versuch 32.** Als das Wasser aus der horizontalen Spalte *CD*, (Fig. 3.) auströmte, änderte sich, bei veränderter Wasserhöhe im Gefässe, die Entfernung der am stärksten verengten Stelle von der Oeffnung folgendermassen:

Wasserhöhe im Gefässe über der Oeffnung <i>CD</i> .	Entfernung der größten Verengung <i>GH</i> von der Oeffnung.
32,5 Zoll	53 Linien
18 —	48 —
10 —	40 —
6 —	36 —

Da die Spalte *CD* die Entfernung der verengten Stelle des Strahls von der Oeffnung des Gefässes nach einem grössern Maassstabe als bei einer kreisförmigen Oeffnung darstellt, so sieht man hieraus

sehr deutlich, daß bei höherm Wasserstande diese Verengung sich weiter vom Gefäße entfernt.

*Versuch 33.* Der metallene Kegel *DGE*, (Fig. 5,) der mit einem cylindrischen Theile *CFGD* versehen ist, wurde im Innern des Wasserbehälters, (Taf. IX, Fig. 1,) so vor der kreisförmigen Oeffnung *AB* angebracht, daß die Achse desselben auf der Ebene der Oeffnung in ihrem Mittelpunkte senkrecht stand, und daß er sich, in dieser Lage angebracht, mehr oder weniger aus der Oeffnung *AB* heraus, nach *V* zu schieben liefs. Dabei war  $AB = 18$ ,  $IE = 24$ ,  $DG = 27$ ,  $CD = 8$  Linien; und das Wasser stand im Behälter 32,5 Zoll hoch über dem Mittelpunkte der Oeffnung. Folgende Tabelle zeigt, wie der Ausfluß sich mit der Lage des Kegels änderte.

Die Spitze des Kegels stand aus der Oeffnung heraus um	Entfernung der größten Verengung von der Oeffnung.	Distanz von <i>MN</i> , (Taf. IX, Fig. 1.)	Zeit, in welcher vier Kubikseuh Wasser ausflossen.
$EX = 11,1$ Linie	9,1 Linie	76 Zoll	85"
6,6 —	12,3 —	77,5 —	53"
0 —	14 —	78,5 —	43"
als der Kegel gänzlich weggenommen wurde —	14,3 —	81,5 —	41"

*Versuch 34.* Ich änderte darauf diesen Versuch dahin ab, daß ich das Wasser durch eine Oeffnung, welche die Gestalt eines horizontal liegenden Halb-



kreises  $ACB$ , (Fig. 6.) von 11,2 Linien Durchmesser hatte, ausströmen liefs, und im Innern des Gefäßes, senkrecht auf die Ebene der Oeffnung, die horizontale Platte  $PQ$  vorsetzte. Der Wasserstrahl wich nun von der horizontalen Lage  $CE$  in der Gestalt  $CFG$ , nach der Seite der Ebene  $QP$  zu ab, so dafs der Winkel  $FCE$   $9^{\circ},5$ , und der Winkel  $FCG$   $36^{\circ}$  betrug. Der senkrechte Querschnitt des Strahls hatte die Form  $KL$ , und vier Kubikschuh Wasser flossen in 206" heraus.

Man sieht, dafs die Resultate dieses Versuchs denen der beiden vorigen Versuche analog sind.

*Versuch 55.* Der Bürger Borda erzählt in einem interessanten Aufsatze \*) eine besondere Erscheinung, die er aus dem Princip der Gleichheit des Drucks, den flüssige Körper nach allen Richtungen ausüben, auf eine sehr einfache Art erklärt. Wenn nämlich Wasser aus einem Gefäße in eine cylindrische Röhre ausströmt, und man stöfst das innere Ende dieser Röhre etwas in das Gefäß hinein, so verengert sich der Strahl in ihr stärker und der Ausflufs ist geringer, als wenn die Röhre ganz zum Gefäße hinaus steht. Ich habe diesen Versuch wiederholt, und bei einer durchgängig. cylindrischen Röhre, dergleichen sich Borda bediente, dassel-

\*) *Mémoires de l'Acad. des Sciences de Paris*, An 1766.



be bemerkt. Als ich aber dem Mundstücke der Röhre die konische Form des sich verengernden Strahls, wie in B. II, Taf. IX, Fig. 4, gab; so fand sich zwischen dem Ausflusse in beiden Lagen der Röhre weiter keine recht bemerkbare Verschiedenheit. Als nämlich das konische Mundstück *AC* in das Innere des Gefäßes hineingeschoben war, floss in 81" die nämliche Wassermenge aus, welche, wenn die Röhre ganz zum Gefäße heraus ragt, in 80" auströmt; und hätte der Theil *AC* vollkommen die Gestalt des sich verengernden Strahls gehabt, so würde wahrscheinlich auch dieser kleine Unterschied verschwunden seyn.

---

V.  
I D E E N  
zu einer Theorie des Magneten,  
von  
L. A. VON ARNIM.

1. Beobachtungen über die chemische Beschaffenheit der Magneten.

I N H A L T.

Das Eisen ist nicht allein des Magnetismus fähig. Magnetismus des Diamanten, der Kohlen u. s. w. Zum dauernden Magnetismus des Eisens wird Sauerstoff erfordert, doch nicht die Verbindung mit Sauerstoff allein, sondern auch mit Kohlenstoff; alle beide in bestimmten Verhältnissen, weil sie sonst die Bedingung des Magnetismus, Cohärenz, aufheben. Die auszeichnende Eigenschaft des Eisens zum Magnetismus besteht darin, bei der höchsten Cohärenz, mit dem Kohlenstoffe in verschiedenen Graden der Oxydation eine Verbindung in Metallform einzugehen. Ueber das Auszeichnende der Metallform. Im rohen Eisen ist der Kohlenstoff stärker oxydirt als im Stahle; das rohe Eisen unterscheidet sich ferner durch Ungleichheit der Mischung mit Kohlenstoff. Chemischer Unterschied zwischen den beiden Polen des Magneten. Entgegengesetzter Unterschied der Erdpole, durch die ungleiche Erwärmung der nördlichen und südlichen Halbkugel hervorgebracht. Magnetismus des Kobalts. Kohlengehalt des Kobalts. Der Magnetismus des Diamanten, des Eisens und Kobalts lassen sich dadurch auf eine gleiche Ursache zurückführen.

Unter den Versuchen Brugmann's über den Magnetismus verschiedener Stoffe erregte keiner so

so sehr meine Aufmerksamkeit, als die mit Diamanten \*) angestellten. Nach diesen wurde der farblose Diamant nicht bloß vom Magneten gezogen, sondern zeigte auch eigne Polarität. Doch schien durch Lavoifiers \*\*) und Anderer Versuche hinlänglich bewiesen, daß er reiner Kohlenstoff ohne Metallgehalt, und daß selbst die wenige Erde, die zuweilen beim Verbrennen zurück bleibt, nur zufällig ihm beigemischt sey. Man könnte vielleicht den Versuch Cavallo's, \*\*\*) der einem Türkis, der vorher gar nicht auf die Magnethadel wirkte, durch Reiben an einer Stahlnadel, diese Eigenschaft ertheilte, damit zusammenstellen; aber der Diamant wird eines Theils nicht vom Stahle angegriffen, andern Theils mit eignem Staube oder Diamantspath geschliffen. — Dieser Versuch leitete mich auf ähnliche. Ich schnitt aus Holzkohlen, nach der Länge der Holzfasern, längliche Nadeln, gab ihnen so wenig Berührungsfläche, wie nur möglich, mit dem Queckfilber, auf welches ich sie legte, und alle wurden mehr oder weniger vom Magneten gezogen, zeigten sogar bei kleinen\*\*\*\*) Magnet-

\*) Brugmann's *Phil. Versuche über die magnetische Materie*, Leipzig 1784, S. 293. A.

\*\*) Lavoifier's *Physisch-chemische Schriften*, übers. von Weigel, II. B., S. 160 bis 243. A.

\*\*\*) Cavallo's *Abhandlung vom Magnet*, Leipzig 1788, S. 196. A.

\*\*\*\*) Ich folgte der Bemerkung Haüy's, der mit vielem Rechte erinnert, daß wir öfter Polarität

nadeln Polarität. Eine Steinkohle aus dieser Gegend zeigte auch einigen, aber viel schwächeren Magnetismus. Ich verbrannte beide in gleicher Menge, fand in jener nur eine Spur Eisen, in dieser viel mehr. Ich versuchte, ob durch Ablöschen der einen angebrannten Seite des Magneten im Wasser der Magnetismus der kleinen Nadeln nicht verändert würde: ich konnte es aber nicht bemerken, ungeachtet es doch wohl möglich war, daß es statt fand; da in diesen Versuchen die geringste Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Quecksilbers und die geringste entgegenstrebende Bewegung darin, die Wirkung des Magneten aufhebt. Dies hielt mich auch davon ab, Kohlen, die verschiedene Gasarten verschluckt hatten, in dieser Rücksicht zu untersuchen. — Die Cavallo'schen \*) Versuche mit dem Messing schienen mir nicht so bestimmt wie der Brugmannsche zu beweisen, *daß das Eisen nicht allein des Magnetismus fähig sey*, da dieser Naturforscher nicht ein einziges Mal die Messingmagneten einer chemischen Prüfung auf Eisen unterwarf. — Giebt es nun Magneten ohne Eisen; giebt es ferner Eisen, das sehr verschiedene Fähigkeit zum Magnetismus zeigt: so fragt es sich: welches die des stärksten Magnetismus fähige Mischung des Eisens ist. Daß hierin

an Körpern bemerken würden, wenn nicht unsere große Magnetnadeln gewöhnlich die Pole verwechselten. (S. Haüy's Aufsatz in diesem Hefte d. A.)

\*) Abhandlung vom Magnet, S. 171 bis 179.

ein Unterschied zwischen den Stahl- und Eisenarten statt finde, darin stimmen alle Physiker überein, auch in den Angaben finden sich wenig Unterschiede. Weiches Eisen, sagen sie, nimmt den Magnetismus schnell an, verliert ihn aber eben so schnell; guter Stahl nimmt ihn zwar schwerer an, aber er ist sowohl dauerhafter als auch zu einem höhern Grade zu bringen. \*) Nach Rinmann \*\*) ist das Roheisen am wenigsten des Magnetismus fähig.

Da von hier an Versuche und Resultate, unter gewissen Ansichten, nicht mit einander übereinstimmen, so will ich sie unter bestimmte Gesichtspunkte bringen und prüfen. Das vollkommene Eisen - Oxyd, sehen wir, wird nicht mehr vom Magneten \*\*\*) gezogen, und die Stärke der Magneten nimmt ab, je mehr sie sich mit gelbem Roste überziehen. Dagegen fand Wilke, \*\*\*\*) daß Stahlnadeln, die, an einer Spitze glühend, noch keine Spur von Magnetismus zeigten, schnell in Wasser abgelöscht, einen dauernden Magnetismus annahmen. Hierbei erstreckt sich aber, nach Reaumur's und Lavois-

\*) Z. B. Cavallo S. 137. Rinmann's Geschichte des Eisens, I, S. 93.

\*\*) Rinmann's Geschichte des Eisens. Berlin 1784, I. B., S. 64.

\*\*\*) Eben daselbst, Th. I, S. 99.

\*\*\*\*) Abhandlungen der schwedischen Akademie für 1766, S. 21.

fier's \*) sehr bestimmten Versuchen, die Säuerung nicht bloß auf die Oberfläche, sondern sie dringt auch tief ins Innere vor. Rinmann \*\*) sah sogar, daß ein an einem Ofen liegender oxydirter und nachher wieder zusammengeschmolzener eiserner Anker stark magnetisch geworden war. Auch wenn Eisen \*\*\*) anfängt von Schwefelsäure angegriffen zu werden, wirkt es stärker auf den Magneten, als vorher. So empfiehlt Rinmann, \*\*\*\*) den zu Magneten bestimmten Stahl glühend stark zu drehen, und Herr Steinhäuser \*) bemerkte einen großen Einfluß auf die Fähigkeit zum Magnetismus in Stahlstücken, die er in verschiedenen Gasarten hatte abkühlen lassen. Ferner sind fast alle Eisenerze \*\*) magnetisch.

\*) Lavoisier's *Physisch-chemische Schriften*, IV. B., S. 252 bis 256. A.

\*\*) Rinmann's *Geschichte des Eisens*, I. B., S. 98. A.

\*\*\*) Cavallo's *Abhandlung vom Magnet*, S. 192. Daß Schwefelsäure in etwas hier bessere Wirkung that, als Salzsäure, läßt sich daraus erklären, daß jene nur unvollkommenes, diese auch vollkommenes Eisen-Oxyd auflöst. A.

\*\*\*\*) Rinmann's *Geschichte des Eisens*, I. B., S. 95. Auch das vom Schwefel aufgelöste Eisen wird stark vom Magneten gezogen. I. B., S. 101. A.

\*) Scherer's *Journal der Chemie*, II. B., S. 341. A.

\*\*) Haüy am angeführten Orte. A.

Hier könnte vielleicht jemand auf den Gedanken kommen, daß zwischen magnetischer Anziehung und dauernder Polarität ein solcher Gegensatz statt fände, daß zwar keine ohne die andere, jede aber im entgegengesetzten Verhältnisse der andern wüchse. Seit van Swinden \*) indessen gezeigt hat, daß die Magneten einander ungleich stärker anziehen, als weiches Eisen und ein Magnet, scheint diese Erklärung alle Wahrscheinlichkeit zu verlieren. Noch einen Grund dagegen bietet auch das Roheisen dar, welches, nach Lampadius, \*\*) viel Sauerstoff enthält, und, der Rinmannschen oben angeführten Erfahrung gemäß, des Magnetismus fähig ist, und da Stahl, der, wie wir bald sehen werden, mehr Sauerstoff als weiches Eisen enthält, am besten zu Magneten geeignet ist. Der Widerspruch, worauf wir also hier geführt würden, bestünde darin, daß eben der Sauerstoff, der das Eisen durch seinen Zutritt des dauernden Magnetismus fähig macht, diese Wirkung wiederum zerstört. Diesen Widerspruch aufzulösen, dazu scheint uns besonders die letztere Erfahrung die Hand zu bieten. Roheisen

\*) *Analogie de l'électricité et du magnétisme, à la Haye 1785, T. II, p. 500.* A.

\*\*) *Abhandlungen über die Preisfrage: Worin besteht der Unterschied zwischen Roheisen und geschmeidigem Eisen? Leipzig 1799, S. 1 bis 48. Lampadius Praktisch-chemische Abhandlungen, II. Band, S. 47 bis 164.* A.



unterscheidet sich vom weichen Eisen, nach Lampadius, nicht bloß durch größern Sauerstoffgehalt, sondern auch durch mehr Kohlenstoff. Bestimmter, als aus Lampadius's Versuchen, geht dieses Resultat aus der Bergmannschen \*) Bestimmung der Menge von Wasserstoffgas hervor, die sich bei Auflösung gleicher Mengen der verschiedenen Eisenarten in Salzsäure entwickelt. Die Menge Sauerstoff kann man hieraus sehr bestimmt nach dem Verhältnisse wie 15 Theile Wasserstoff zu 85 Theile Sauerstoff, \*\*) dem Gewichte nach, berechnen, doch ist uns dies zu keinem Zwecke. Genug, die Mittelzahlen beweisen: rohes Eisen bedürfe weniger Sauerstoff zu seiner Verkalkung, als weiches Eisen, und dieser Unterschied sey ungleich größer, als aus dem Verhältnisse des größern Kohlenstoffgehalts folgen würde, Stahl hingegen sey etwas weniger oxydirt als Roheisen. Den Kohlenstoffgehalt giebt Bergmann \*\*\*) in 100 Th. Roh-

\*) Bergmanni *Opuscula*, T. III, pag. 16 — 17.  
Die Mittelzahlen für die Menge Kubikzolle Wasserstoffgas aus einem Probiercentner von jedem sind:

Aus weichem Eisen 49,6

Aus Stahl 46

Aus Roheisen 42,3.

A.

\*\*) Lavoisier's *Traité élément.*, T. III, pag. 16 — 17.

A.

\*\*\*) Bergmann *de analysi ferri*, pag. 84 — 85.

A.



eisen von 1 bis 5,3, in dem Stahle von 0,2 bis 0,8, im weichen Eisen zu 0,05 bis 0,2 an; doch war dies kein reiner Kohlenstoff, sondern eisenhaltiger Graphit. Ausser diesen beiden Unterschieden giebt es, wenn ich nicht irre, zwischen dem Roheisen und den übrigen Sorten noch einen dritten, den ich hier beiläufig zur Prüfung vorlegen will. Rinmann \*) erzählt, daß ein Tropfen Scheidewasser auf dem Roheisen einen schattirehden, ungleichen schwarzen Fleck hervorbringe, da hingegen auf dem Stahle ein solcher Fleck gleichförmig schwarz, auf dem weichen Eisen gleichförmig weiß erscheint. Ich glaube nicht, daß sich jene Ungleichheit besser, als aus der ungleichen Mischung des Roheisens mit Kohlenstoff ableiten lasse, woher sich dann nicht nur die Brüchigkeit des Roheisens, sondern auch zum Theil die Unfähigkeit zum Magnetismus erklärt. — Alle diese Erfahrungen, insbesondere die Nothwendigkeit des Kohlenstoffs, um den, des Magnetismus fähigsten Stoff, Stahl, hervorzubringen, führen uns auf das Resultat, daß weder das Eisen allein, noch die Verbindung mit dem Sauerstoffe in gewissem Verhältnisse, sondern allein die dreifache Verbindung zwischen Eisen, Kohlenstoff und Sauerstoff in gewissen Verhältnissen, die des stärksten, dauernden Magnetismus fähige Masse hervorbringt. Ich hoffe, daß durch die folgenden

\*) Rinmann's Geschichte des Eisens. Seite 295.

Erfahrungen sich auch über diese Verhältnisse einig-  
 ges Licht verbreiten lasse.

Ich muß hier etwas voraussetzen, was ich erst  
 in einem andern Aufsatze beweisen kann, daß zum  
 Magnetismus überhaupt Cohärenz, und zum höchsten  
 Magnetismus, außer der chemischen Beschaffenheit,  
 die höchste Cohärenz gehöre. Die Erfahrung be-  
 stätigt dies hinlänglich: Glühend \*) und verkalkt  
 verliert das Eisen alle magnetische Eigenschaften;  
 Eisen, der beste Magnet, hat ferner die größte \*\*)  
 Cohärenz, nach ihm kommt Kupfer und Platin, und  
 auch diese \*\*\*) lassen sich durch eine geringe Mi-  
 schung mit Eisen, (also durch Mittheilung der che-  
 mischen Eigenschaft,) in Magneten verwandeln.  
 Diese auszeichnende chemische Eigenschaft desselben  
 ist: mit dem Kohlenstoffe in verschiedenen Graden  
 der Säuerung eine Verbindung in Metallform ein-  
 zugehen. Herr Lampadius \*\*\*\*) glaubt, mit  
 dem Sauerstoffe: doch stützt sich diese Meinung nur  
 auf Versuche mit kohlenstoffhaltigem Eisen; allge-  
 meine Gründe dagegen werden sich in der gewöhn-  
 lichen Wirkung der Sauerstoffverbindung auf die  
 Metallform finden. Aber was hat diese Metallform

\*) Cavallo's *Abhandlung vom Magnet*, S. 190. A.

\*\*) Siehe die *Annalen der Physik*, I. B., S. 371. A.

\*\*\*) Fast alles Messing und Kupfer, welches ich ver-  
 suchte, zeigte einige Polarität. A.

\*\*\*\*) *Praktisch-chemische Abhandlungen*, II. B., S. 157.  
 A.

so Auszeichnendes, daß jeder sie wieder erkennt, ohne sich genau den Unterschied zu entwickeln. Ich glaube, man thut Unrecht, wenn man es in diese oder jene einzelne Eigenschaft setzt; einzeln möchte man sie wohl alle auch in andern Stoffen wiederfinden, aber so wie sie hier verbunden sind, nie. Oxydirbarkeit, Undurchsichtigkeit, Schmelzbarkeit, Wärme- und Electricitäts-Leitung, großes specifisches Gewicht, Cohärenz u. s. w., machen es zusammen aus. Und alle diese Eigenschaften verschwinden entweder ganz oder zum Theil bei der Verbindung mit dem Sauerstoffe. Es ist diese Wirkung so allgemein, zeigt sich auch beim Eisen, wenn wir es Eisen-Oxyd nennen, so, daß es schwer wird, zu glauben, daß bei einem niedrigern Grade der Oxydation das Gegentheil statt finden sollte. Ich kehre dahin zurück, daß der Kohlenstoff in verschiedenen Graden der Oxydation sich mit dem Eisen verbindet. Durch die Verbindung mit Kohlenstoff wird das Eisen im Stahle specifisch schwerer, mit eben diesem Stoffe im Roheisen verbunden, specifisch \*) leichter; dies muß daher durch den dritten Stoff, den Sauer-

\*) Rinmann's Geschichte des Eisens, I, S. 64 bis 66.

Roheisen	—	—	7.351
Weiches Eisen	—	—	7.700
Stahl	—	—	7.795

Etwas von der großen Abweichung des Roheisens kann man billig auf seine Blasen rechnen, die fast nie darin fehlen.

A.

stoff, bestimmt, und, da, nach allgemeiner Erfahrung, der Sauerstoff die Dichtigkeit des Körpers, mit dem er sich verbindet, mindert, der Kohlenstoff im Roheisen oxydirter als im Stahle seyn. Das stimmt nicht nur mit dem Resultate aus den eben angeführten Versuchen Bergmann's, über die Menge des entwickelten Wasserstoffgas, sondern auch mit der Erfahrung überein, daß Stahl schwerer rostet, als jedes andere Eisen, welches nun leicht aus der Beobachtung Guyton's \*) sich erklärt, daß der Kohlenstoff, mit je weniger Sauerstoff verbunden, desto schwerer sich damit verbindet. Es wird endlich auch dadurch bestätigt, daß der Stahl beim Härten an specifischem Gewichte verliert, \*\*) und daß, nach Coulombs \*\*\*) Erfahrung, das starke Härten dem Magnetismus schadet. Muffchenbroek, (*Introd. ad phil. nat.*, T. I, §. 1096,) fand aber, daß Stahl ungleich geringere Cohärenz als Eisen hat. Sobald daher angenommen ist, daß bei der erforderlichen chemischen Beschaffenheit die größte Cohärenz des Stoffs die besten Magne-

\*) *Annalen der Physik*, II. B., S. 397 f. A.

\*\*) Rinmann's *Geschichte des Eisens*, I. B., S. 65.

Siehe auch Briffon *Pésanteur specif. des corps*, à Paris 1787.

Ungehärteter Stahl	—	—	7,840
Gehärteter Stahl	—	—	7,810

A.

\*\*\*) Gren's *Neues Journal der Physik*, II. B., S. 341.

A.

ten liefert, so sieht man, daß der Kohlenstoff und der Sauerstoff ein bestimmtes Verhältniß haben müssen, weil ohne beide zwar kein dauernder Magnetismus im Eisen ist, sie aber die Cohärenz des Magnetismus vermindern, daher wiederum der Stärke schaden.

Da wir finden, daß beim Magnetisiren ohne Volumen-Veränderung bei uns der Nordpol schwerer, also specifisch schwerer, dagegen der Südpol specifisch leichter wird, so können wir vielleicht annehmen, daß, durch eine Wirkung eines zweiten Magneten, dieser dem Südpole Sauerstoff abgetreten, dagegen von dem Südpole Kohlenstoff erhalten habe. Doch folgt daraus nicht, daß der Chemiker, wenn er den Magneten jetzt in der Mitte durchbräche, von der einen Seite mehr Kohlen-, von der andern mehr Sauerstoff erhalten würde, sondern, indem der Magnet sich trennt, kehren auch diese gegenseitigen Bindungen in ihre neuen Pole sich um. Nur in der leichtern oder schwerern Oxydirbarkeit der Pole läßt sich dieses erkennen. An Magneten allein versuchte ich dieses vergebens, weil sie zu lange, um merklich verkalkt zu werden, mit Wasser überstrichen seyn müssen. Legt man hingegen eine Armatur von weichem Eisen an beide Pole, und bestreicht beide Pole mit Wasser, so kann man in kurzer Zeit, (überhaupt in kürzerer als wenn die Kette nicht geschlossen wäre,) die stärkere Oxydation an dem Nordpole des Magnetens, also an dem Südpole der Armatur, also wo schon der meiste Sauerstoff ist, finden, weil, nach Guytons Erfahrung, die Anziehung des

Kohlenstoffs zum Sauerstoffe zunimmt, je mehr er davon erhält. Diese verschiedene Oxydation erklärt auch die von Herrn Ritter \*) beobachtete Erscheinung, daß zwei Eisennadeln zu wirklichen Excitatoren des Galvanismus gemacht wurden, wenn man die eine derselben durch Streichen galvanisirte. Ich gestehe, daß jene Vermuthung über die ungleiche chemische Beschaffenheit beider Pole ihre Schwierigkeiten hat, dagegen gewinnt sie aber durch die angeführte Beobachtung Guytons. \*\*) Dieses Letztere erklärt mit außerordentlicher Leichtigkeit die Schnelligkeit, mit der man die magnetische Kraft, wenn sie einmahl sich zeigt, unter schwach magnetisirten Stäben vermehren kann, u.s. w. Eine entgegen gesetzte chemische Beschaffenheit der Erdpole würde dann diesen magnetischen Nord- und Südpolen entsprechen; eine Verschiedenheit, die ich zwar nicht aus der verschiedenen Bildung \*\*\* der beiden Seiten unsrer Erde herleiten kann, weil die Uebereinstimmung der Gebirgsmassen \*\*\*\*) in sehr

\*) Humboldt *Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfasern*, II. B., S. 129. A.

\*\*) Siehe *Annalen der Physik*, II. B., S. 398 bis 399. A.

\*\*\*) Forster's *Beobachtungen zur Theorie der Erde*. Leipzig 1798. Lichtenberg's *Taschenbuch für* 1798, S. 127. A.

\*\*\*\*) Z. B. Guellard über ägyptische und französische Granite, *Mém. de l'Acad. de Paris*, 1751. Hist.

entfernten Gegenden es wahrscheinlich macht, daß dieser Unterschied tiefer als unsre bewohnte und bewohnte Erdrinde liegt, wenn gleich beide einen gemeinschaftlichen Grund in der ungleichen Erwärmung \*) der nördlichen und südlichen Halbkugel haben.

Noch giebt es ein Metall, den Kobalt, das ohne Beimischung des Eisens, nach Herrn Kohls \*\*) Entdeckung, eines starken Magnetismus fähig ist. Merkwürdig ist es, daß er, nach Brisson, mit dem Stahle im specifischen Gewichte übereinstimmt, (Stahl 7,810, Kobalt 7,811.) In Rücksicht der Cohärenz sind noch keine Versuche damit angestellt; in der Reihe \*\*\* der Adhärenzen mit dem Quecksilber steht er neben dem Eisen, doch so, daß das Eisen durch 115 Gran, der Kobalt durch 8 abgerissen wird. Diese außerordentlich geringe Adhäsion machte mich zuerst darauf aufmerksam, ob nicht auch hier, wie bei dem Stahle, durch die Verbindung mit Kohlenstoff die Adhäsion geschwächt werde. Ich löste deswegen etwas von einem sehr reinen Kobaltkönige in Salpetersäure auf; die angegriffene, vorher polirte Seite war schwarz gefleckt worden, auch fand ich

p. 339. Humboldt über die unterirdischen Gasarten, S. 89. A.

\*) Den Beweis sehe in Prevost's Untersuchungen über die Wärme, Halle 1798, S. 104. A.

\*\*) Crall's Neueste Entdeck., Th. VII, S. 39. A.

\*\*\*) Guyton Morveau's Grundsätze der Wahlanziehung, Berlin 1794, S. 9. A.



in der Säure einen feinen unauflöslichen schwarzen Niederschlag, von dem ich aber zu wenig hatte, um mich mit Gewißheit zu überzeugen, ob es Kohlenstoff sey. Sollte dies nicht etwa zufällig, sondern allem Kobaltkönige gemein seyn, so würde dadurch die Entstehung des Magnetismus im Kobalt, wie im Eisen, gleiche Ursache haben. Eben so einfach schließt sich der Magnetismus kohlenstoffhaltiger Substanzen, des Diamanten u. s. w., wovon wir ausgingen, hieran; sie sind, wie der Eisen-Magnetismus, Folge der verschiedenen Oxydirbarkeit des Kohlenstoffs, und seiner Eigenschaft, mit der größern Menge Sauerstoff, die er gebunden, immer mehr Anziehung gegen denselben zu bekommen. Für die Theorie des Magneten ist, wenn diese Beobachtungen nicht Berichtigung, sondern Bestätigung erhalten sollten, weiter nichts geleistet, als daß ich das Chemisch-Auszeichnende des Magneten, das Chemisch-Veränderte beim Magnetisiren aufgesucht habe; eine Arbeit, die zwar zur Vollständigkeit nothwendig, aber für den übrigen Theil der Theorie, Ableitung der Gesetze aus der allgemeinen Dynamik, ganz ohne Anwendung ist.

Zu erklären, wie dieses Einzelne, Verschiedene, welches wir Magnet nennen, entstand, war nie mein Zweck; mechanisch oder organisch, wie man es versuchen mag, unvermerkt geht man einen Zirkel, indem man das Mannigfaltige, welches abgeleitet werden soll, dazu schon voraus setzen muß.



*Zusatz. Versuche über den Einfluß der Eisenmagneten  
auf Galvanische Erscheinungen.*

Das Urtheil des Herrn v. Humboldt, (über die gereizte Muskel- und Neryenfaser, II, S. 129,) daß es wohl unendlich schwer seyn möchte, über den S. 60 angeführten Ritterschen Versuch bestimmte Gegenversuche anzustellen, hielt mich lange von diesen Untersuchungen ab. Die große und aushaltende Reizbarkeit der Frösche in dieser Jahrszeit machte mir endlich Hoffnung; ich wagte es, und muß gestehen, selten so bestimmte Erfolge in dieser Klasse von Versuchen erhalten zu haben.

1. Als in einer Kette aus zwei Eisenstücken weder Eisen noch Stahl aller Art mehr Zuckungen hervorbringen wollte, brauchte ich statt des einen Eisenstücks einen Magneten; sogleich erfolgte Zuckung. Jene Stücke wieder an die Stelle des Magneten hinein gebracht, erregten keine Zuckung mehr.
2. Ich ließ die Kette aus Stahl und Eisen, oder Eisen und Eisen, geschlossen. Wenn ich eins der beiden Stücke durch Stahl oder Eisen mit dem Muskel verband, entstand keine Zuckung; wurde die Verbindung mit einem Magneten gemacht, so war die Zuckung sehr stark. Beide Versuche beweisen hinlänglich, daß der magnetische Stahl in der Galvanischen Kette anders wirkt als Stahl oder Eisen; sie bestätigen den Ritterschen Versuch.
3. Als die Reizbarkeit eines Froschsehenkels so weit herabgestimmt war, daß Ketten aus Zink und Eisen, oder Zink und Stahl, keine Zuckung mehr erregten, setzte ich einen Magneten an die Stelle des Eisens, und es entstanden keine Zuckungen. Es folgt daraus, daß die Heterogenität des Magneten nur in Rücksicht der Körper, die selbst der Polarität fähig sind, statt findet.

4. Ich armirte einen Magneten mit einem dünnen Stücke weiches Eisen. Der Schenkel zuckte nicht mehr durch jenes Eisen; ich verband jetzt das Eisen der Kette mit dem Muskel durch jene Eisen-Armatur, und es erfolgte keine Zuckung. Jener armirte Magnet allein in die Kette gebracht, erregte Contraction. Wegen der dünnen Eisen-Armatur waren hier gleicharmige Pole in der Kette.
5. Zwei gleich starke Magneten wurden zwischen Muskel und Nerve gebracht; legte ich ihre ungleichnamigen Pole zusammen, so erfolgte keine Zuckung; die gleichnamigen zusammengebracht, sah man Zuckung. Hier war in der Kette ebenfalls alle Heterogenität durch gegenseitige Bindung aufgehoben.
6. Wenn ich in der Kette des ersten Versuchs den an den Muskel stossenden Magnetpol durch den ungleichnamigen eines andern seiner Kraft beraubte, konnte ich doch keinen Unterschied in Absicht der Stärke der Zuckungen wahrnehmen. Aus diesem 3, 4, 5 und 6 Versuche folgt, daß die Heterogenität der Metalle, die Muskel und Nerven berührten, hier nicht wesentlich, hingegen die Heterogenität in den sich berührenden Metallstücken nothwendig war.

Ein Resultat, welches dem thierischen Magnetismus, (thierischer Magnetismus in der wahren, nicht in der Mesmerischen Bedeutung,) eben nicht günstig zu seyn scheint.

7. Ob bloß der dauernde, oder auch der mitgetheilte Magnetismus wirke, habe ich nicht bestimmt ausmachen können; eben so wenig, ob die außerordentliche Wirksamkeit des Stahls in Galvanischen, besonders in Eisenketten, bloß von seiner Mischung oder auch von einem geringen Grade Magnetismus herkomme, habe ich nicht bestimmen können.

## VI.

## VERSUCHE,

*mittelt des Diamanten das geschmeidige Eisen in Gußstahl zu verwandeln,*

von

GUYTON. \*)

(Eine Fortsetzung des Aufsatzes A. d. Ph., II, 197.)

Um meine Theorie, daß der Diamant reinet Kohlenstoff, Reifsblei dessen Oxyde des ersten, Holzkohle des zweiten Grades, und Kohlensäure das Produkt der vollkommenen Oxydierung des Diamanten sey, von einer neuen Seite zu prüfen, wünschte Clouet, \*\*) der die Versuche über das Ver-

\*) *Annales de Chimie*, t. 31, p. 328 — 336.

\*\*) Der Gedanke Clouet's, die Verbindung zwischen dem Diamanten und dem Eisen zu versuchen, ist nicht neu. Malliard fand den Diamanten in der Berührung mit Eisen angefressen und in eine Art von Schlacken gelassen. Herr Lampadius, (Sammlung prakt. chem. Abhandl.; II, S. 6,) vermuthet, es sey eine Verbindung von Eisen und Kohlenstoff gewesen, und ermuntert zu fernern Versuchen. Wenn nur Deutschland ein National-Institut hätte! Doch, dazu gehört National-Geist!

brennen des Diamanten mit mir angestellt hatte, daß wir geschmeidiges Eisen durch Cementation mit Diamanten in Stahl zu verwandeln suchen möchten,

Man hat es bisher als ausgemacht angenommen, daß das Eisen nicht anders flüssig wird, als wenn es in den Zustand des Stahls oder des Gufseisens übergeht. Aber in welchem Zustande geht der Kohlenstoff mit in die Mischung ein? Da der, den Säuren daraus abscheiden, sich in dem glänzenden Schwarz und der Unverbrennlichkeit zeigt, welche die wesentlichen Kennzeichen des Reifsbleies ausmachen; so glaubt man, daß es in Form dieses Oxydes des ersten Grades, (als *oxydule*,) geschehe, und daß mithin die Kohle, deren man sich beim Cementiren des Stahls bedient, sich zuvor bis auf einen gewissen Punkt entoxydire. \*) In der That hat das Kohlenpulver nach dieser Operation ein glänzenderes Ansehen, und ist eben so schwer zu Asche zu brennen, als Kohlen, die in einem verschlossenen Gefäße entbrannt sind, (*débrûlé*,) welches diese Meinung zu bestätigen scheint.

Ist sie richtig, so muß sich aus der Kohle beim Cementiren des Stahls Sauerstoffgas entwickeln.

\*) Es schien, als dürfte das nur bis auf einen gewissen Grad geschehn, da, nach Duhamel's Erfahrungen, Kohlenpulver, das einmahl zum Cementiren des Stahls gedient hatte, dazu nicht mehr recht brauchbar war, wegen der Langsamkeit, womit dann der Prozeß vor sich ging.

Ich that in eine Retorte aus Porzellän, die bei einer frühern Operation sich mit einer Glashülle umzogen hatte, und folglich keine Luft durchliefs, einige kleine Eisenstücke, umschüttete sie von allen Seiten mit recht trockner, klein gestossener Büchenkohle, und brachte die durch eine Entbindungsröhre mit dem Queckfilber-Apparate verbundene Retorte in einen Reverberir-Ofen. Ich erhielt eine beträchtliche Menge von Luft, und zwar von einer Mischung aus kohlenhaltigem Wasserstoffgas und kohlensaurem Gas; letzteres betrug im Anfange 0,11, in der Mitte der Operation 0,13, und gegen das Ende 0,15 des ganzen Volumens. Da indess nach einer Feuerung von viertelhalb Stunden die Verwandlung in Stahl noch nicht weit vorgerückt war, so setzte ich die Retorte in eine Esse mit 3 Gebläsen. Nun entwickelte sich zwar sehr viel weniger Luft, ganz von derselben Beschaffenheit wie zuvor, (das kohlensaure Gas machte anfangs 0,07, zuletzt 0,12 des Ganzen aus,) das Eisen wurde aber dabei völlig in Stahl verwandelt; die einzelnen Stücke hatten sich sogar in einem Anfange von Schmelzung mit einander vereinigt.

Es ist zwar nicht unwahrscheinlich, daß das kohlensaure Gas sich zum Theil aus der unveränderten Holzkohle und aus der entoxydirten, welche in den Stahl mit eingeht, gebildet habe; allein bei der beständigen Gegenwart des Wasserstoffgas läßt sich aus diesem Versuche nichts anderes mit Sicherheit schliessen, als daß es äusserst schwierig ist,

die Kohle von aller Feuchtigkeit, die sie in sich schließt, gänzlich zu befreien. \*)

Der von Clouet in Vorschlag gebrachte Versuch schien mir dadurch noch um so interessanter zu werden, und schon des Verlusts einer der schlechtern Diamanten der *école polytechnique* werth zu seyn. Clouet ließ einen kleinen Tiegel von geschmeidigem Eisen, (ausgefuchten Nägelköpfen,) schmieden, der mit einem genau passenden Stöpsel aus demselben Eisen zu verschließen war, und wir bestimmten den 25ten Thermidor im J. 7 zum Versuche in der *école polytechnique*.

Ein Diamant, 907 Milligrammen schwer, wurde in den kleinen eisernen Tiegel gethan, und mit so viel Eisenfeil vom Tiegel umschüttet, daß der Stöpsel genau darauf paßte. Um so wenig Luft als möglich darin zu behalten, wurde der Stöpsel mit

- \*) Dieser Versuch widerspricht, wie man sieht, der Meinung mancher Chemisten, die daraus, daß beim Abbrennen des kohlenhaltigen Wasserstoffgas mit wenigem Sauerstoffgas sich der Kohlenstoff niederschlägt, schließen, der Sauerstoff habe eine stärkere Verwandtschaft zum Wasserstoffe als zum Kohlenstoffe. Bei meinem Versuche war die Temperatur ohne Zweifel hoch genug, um durch Vereinigung des Wasserstoffs und Sauerstoffs Wasser zu erzeugen, und es war nichts vorhanden, welches hier eine besondere Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Kohlenstoffe hätte veranlassen können. Gayt.

Gewalt hinein getrieben und dann abgeschnitten. Stöpsel und Tiegel wogen zusammen 55,8 Gran, die Eisenfeil 2 Gran; folglich alles den Diamanten umgebende Eisen 57,8 Grammes. Darauf setzte man den Tiegel ganz allein, ohne alle Umgebung, in einen sehr kleinen hessischen Tiegel, und diesen, mit reinem, eisenfreien Kiesel sand umschüttet, in einen zweiten, auf den der Deckel mit geschlemmtem Thon und klein gestoßener Schmelztiegelmasse fest geküttet wurde. Diesen ganzen Apparat brachte man in die Esse mit den drei Gebläsen.

Als alles erkaltet war, fand man im innern hessischen Tiegel das kleine eiserne Tiegelchen, den Stöpsel und die Eisenfeil, zu einer einzigen abgerundeten und gut begrenzten Masse Gussstahl, die 55,5 Grammen wog, bis auf einige einzeln daneben liegende Stahlkugeln, 0,884 Gr. schwer, zusammen geschmolzen. Vor der Schmelzung hatten Eisen und Diamant zusammen 58,707 Grammen gewogen; giebt einen Verlust von 2,423 Grammen an Eisen, welche sich mit dem hessischen Tiegel vereinigt, und ihm das Ansehn des Reissbleies gegeben hatten.

Da der Stahl vollkommen geschmolzen war, so daß sich an der Oberfläche desselben der Anfang der schönsten KrySTALLISATION zeigte, so läßt es sich, bei der großen Verschiedenheit des specifischen Gewichts beider Stoffe, nicht denken, daß sich irgend ein Theilchen Diamant im Innern des Stoffs unverändert erhalten habe, ohne sich mit dem Eisen che-

misch zu verbinden. \*) Der Diamant war also vermöge der Verwandtschaft verschwunden, die er in der ausnehmend erhöhten Temperatur, zu der er hier gelangte, zum Eisen hat, gerade so wie ein Metall in seiner Legirung verschwindet; und dabei hatte der Diamant denselben Grundstoff hergegeben, der sich in der Holzkohle findet, weil das Produkt seiner chemischen Vereinigung mit dem geschmeidigen Eisen dieselben Eigenschaften, als die Vereinigung des Grundstoffs der Holzkohle mit diesem Eisen zeigte.

Dafs übrigens das Eisen sich wirklich in Stahl verwandelt hatte, daran läfst sich nicht zweifeln. Denn als man die geschmolzene Masse an einer Stelle auf einer Steinschleifmühle schliff, und einen Tropfen schwacher Salpetersäure darauf brachte, entstand auf der Stelle ein dunkelgrauer Fleck, vollkommen dem ähnlich, der sich auf dem englischen Gußstahle, und auf dem Gußstahle nach Clouet's Methode verfertigt, zeigt. Bei dieser, schon längst von R i n m a n n angegebenen Probe wird der Fleck im Gußstahle, ob er gleich sehr merkbar ist, doch minder dunkel als in cementirtem Stahl.

\*) Da mehrere neugierig waren, das Innere der Stahlmasse zu sehn, so wurde er auf einem Ambosse zererschlagen. Erst nach mehrern Schlägen eines sehr schweren Hammers zersprang er in zwei Stücke vom schönsten Korne und von einem völlig gleichförmigen Bruche.



Vielleicht, daß dieses von dem verschiednen Grade der Oxydirung des in ihnen befindlichen Kohlenstoffs herrührt.

---

*Zusatz des Herausgebers.*

Guyton's Theorie ist auch für die Natur des Eisens und Stahls, (und dadurch mittelbar für die Lehre vom Magneten, \*) von vielem Interesse, und scheint über mehrere noch nicht ganz genügend erklärte Umstände in der Bearbeitung des Eisens, durch die verschiednen Grade der Säuerung des Kohlenstoffs, der dem Eisen im Stahle und Gußeisen beigemischt ist, neues Licht zu verbreiten. Hier ein paar Umstände dieser Art.

Ein unterrichteter Reisender erzählte Herrn Nicholson, \*\*) daß man in Ungarn aus allen Arten von Eisen, die aus ihren Minern mit Holzkohlen, und nicht mit Coak's ausgeschmolzen sind, sehr guten Steiermärker Stahl bereite. Das ganze Geheimniß des Processes beruhe auf der Regierung des Gebläses oder des Raffinir-Ofens. Wird das Metall, während es im Flusse ist, umgerührt, so erhält man Stabeisen; zieht man aber bloß die Schlacke ab,

\*) Wie z. B. vorstehender Aufsatz eines schätzbaren Mitarbeiters d. A. d. Ph. beweisen mag, dem dieser Versuch Guyton's noch nicht bekannt seyn konnte.  
d. H.

\*\*) Journ. of nat. phil., I, 328.

so wie sie aufsteigt, läßt es eine geraume Zeit im Flusse, und bringt es dann unter den Hammer, so zeigt es sich als Stahl. Mit Coak's ausgeschmolzenes Eisen soll, nach der Versicherung dieses Reifenden, im Cementiren nie Stahl, sondern nur eine Schlacke geben.

Nach Gazeran's Bemerkungen über das Aus-schmelzen der Eisenminern mit verkohlten Steinkohlen oder sogenannten Coak's \*) braucht man zu einer gleichen Quantität von Stabeisen viel mehr von Gufseisen, das mit Coak's, als von Gufseisen, das mit Holzkohlen aus Eisenminern von derselben Art ausgeschmolzen ist. Ersteres soll nur  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$ , letzteres  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{4}{5}$  so viel Stabeisen geben, als man dazu an Gufseisen brauchte. Gazeran schrieb das auf den großen Gehalt der Steinkohlen und der daraus erhaltenen Coak's an Erde, die mehrentheils Thonerde zu seyn pflegt, welcher sowohl bei englischen als bei französischen aus derselben Grube, so verschieden seyn soll, daß er bald 1, bald 18 bis 20 Theile auf 100 beträgt, indess die Holzkohle höchstens  $\frac{1}{100}$  an fremdartigen Stoffen beigemischt ist. Dadurch erhält man theils bei gleichem Gewichte von Holzkohle und Coak's sehr veränderliche Mengen von Kohlenstoff, theils kommt bei den letztern in den Gufs Thonerde in sehr verschiedner Menge mit hinein; und das, (eben so sehr auch die verschiedenen Grade der Oxydirung des Kohlenstoffs

\*) *Annales de Chimie*, t. 31. p. 115.

In ihnen, die Gazeran noch nicht kannte,) sind Gründe genug, die außerordentliche Verschiedenheit zu erklären, die man unter einerlei Umständen bei Holzkohlen und bei Coak's, und im letztern Falle wiederum nach Verschiedenheit der Coak's, in dem erhaltenen Gufseisen wahrnimmt, 14000 Kilogrammen Glaskopf und 2000 Kilogr. Zuschlag wurden einmahl mit 8250 Kil. Coak's von verschiedner Güte und Gewicht unter einander, das zweite Mahl mit 6250 bis 6500 Kil. ausgesuchten leichten Coak's von der besten Beschaffenheit, die nur  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Prozent Erde enthielten, in einem Hohofen in 24 Stunden geschmolzen. Das erste Mahl erhielt man 2350 Kilogr. eines weißlichen Gufseisens, von 588 bis 600 Kilogr. Zusammenhalt, \*) wovon man zu 500 Kilogr. raffinirtem Eisen 950 bis 1000 Kilogr. verbrauchte. Das zweite Mahl bekam man dagegen 2900 bis 3000 Kilogr. graues Gufseisen, welches Reißblei in Ueberfluß enthielt, einen Zusammenhalt von 750 bis 900 Kilogr. hatte, bei höchster Gluth des Reverberir-Ofens noch einmahl geschmolzen, an Zusammenhalt noch um  $\frac{1}{5}$  zunahm, (eine Kanone daraus, die eine Kugel von 1 Kilogr. schoss, platzte erst beim sechsten Schusse, ob sie gleich mit 4 Kugeln und Lehm und Stroh dazwischen war geladen worden,) und wovon schon 800 bis 850 Kilogr. 500 Kilogr. Stabeisen gaben. Gazeran schließt hieraus mit

\*) *Annales de Chimie*. t. 7.

Recht, daß man vor jedesmahligem Auschmelzen nicht bloß die Beschaffenheit der Eisenminern; sondern noch mehr die der Coak's untersuchen, und nur solche nehmen sollte, die keinen Schwefelkies enthalten, und höchstens 1 bis 3 Prozent Asche beim Verbrennen als Rückstand lassen. Die guten, im Hohofen brauchbaren Coak's sind, nach ihm, porös und leicht, und 16 Theile derselben müssen 100 Theile salpeterfaures Kali im Verpuffen zersetzen. Auch muß man nicht alle Steinkohlen auf einerlei Art verkohlen: die, welche nichts als Bitumen enthalten, auf eine ähnliche Art wie das Holz; die mit Schwefelkies gemischten einzeln und in freier Luft entschwefeln.

Noch füge ich hier ein Paar Gedanken Nicholson's bei. \*) „Es ist noch nicht ausgemacht, ob reines Eisen bloß mit Kohlenstoff verbunden den besten Stahl giebt, oder ob dazu nicht vielleicht noch ein anderer Stoff, als: Phosphor, Talkerde u. dergl., mit in die Verbindung eingehn müsse. \*\*)

\*) *Journal of nat. philos.*, II, 105.

\*\*) Nach Vauquelin's interessanter Analyse von vier Stücken eines sehr guten cementirten Stahls aus der Stahlrassinerie zu Groß-Rommelsdorf in Lothringen, welche mit Coak's betrieben wird, enthielt dieser Stahl, (*Journal des Mines*, No. 25, 1,) im Durchschnitte an Reifsblei, das, (vielleicht nur zufällig,) mit Kiesel Erde vermischt war, 0,014 Theile, und an phosphorsaurem Eisen 0,052 Theile. Von Talkerde fand sich keine Spur. Das Reifsblei

Ist das Erstere der Fall, so giebt es zum Stahlmachen kein besseres Eisen als das allerreinste, und kein besseres Cement als den unvermischten Kohlenstoff; \*) im letztern Falle würde die Güte des Stahls noch von den andern Bestandtheilen des Stabeisens und des Cements abhängen. Das *graue Roh- oder Gusseisen* läßt sich für eine bei einer sehr hohen Temperatur gesättigte Auflösung von Reifsblei in Eisen nehmen. Erkalte es schnell, so scheint sich das Reifsblei in der ganzen Masse durch eine schnelle KrySTALLISATION abzuscheiden; daher man es dann in solcher Menge auf dem Bruche oder auf einer Eisenstange sieht, die man in das geschmolzene Roheisen taucht, und die herausgezogen ganz mit Reifsblei überzogen ist. Wird dieses Eisen in eine kalte metallene Form gegossen; oder läuft es beim Gießen weit durch Sand; oder wird

bestand zu 0,53 aus Kohlenstoff, 0,16 aus Eisen und 0,31 aus Kieselerde; das phosphorsaure Eisen zu 0,58 aus Eisenkalk und 0,41 aus Phosphorsäure, welche selbst zu 0,39 aus Phosphor und 0,61 aus Sauerstoff zusammengesetzt ist. Mit hin waren die Bestandtheile dieses Stahls im Durchschnitt 0,0074 Theile Kohlenstoff, 0,0087 Th. Phosphor, 0,0029 Th. Kieselerde, etwa 0,025 Th. Sauerstoff und 0,956 Th. Eisen. d. H.

\*) Hierauf scheint zwar Guyton's Versuch zu deuten, da er mit dem ganz reinen, völlig desoxydirtten Kohlenstoffe, (dem Diamanten,) als Cement, einen dem Aussehn nach vortrefflichen Stahl er-

es, wenn es weifs glüht, in Wasser abgelöscht: so nimmt es eine aufserordentliche Härte an, welche die der gewöhnlichen stählernen Werkzeuge übertrifft; dabei ist es sehr weifs und von dichterem Bruche. Diese Härte beruht auf Umständen in der Aggregation desselben, die zu erklären uns alle Data fehlen; \*) die weisse Farbe scheint aber daher zu rühren, dafs Eisen und Reifsblei darin eben so sinnig als in der Weissglühehitze vereinigt sind. Sehr wahrscheinlich findet etwas Aehnliches auch beim Härten des Stahls statt, nur dafs dieser weniger Kohlenstoff in seiner Mischung enthält. Dafs übrigens der Stahl im Feuer sehr leicht wieder in Eisen ausartet, ist den Stahlarbeitern nur zu wohl bekannt.“

hielt; allein da er diesen nicht weiter nach Härte, Zusammenhalt und andern Eigenschaften geprüft hat, so läfst sich darüber wohl nichts im Allgemeinen bestimmen. d. H.

\*) Sollte sie nicht auch auf der innigern Mischung des abgelöschten oder plötzlich erkalteten Gufseisens mit dem Reifsblei beruhen, woraus Nicholson die weisse Farbe desselben erklärt? d. H.

---

## VI.

## VERSUCHE

über die chemische Zerlegung des  
Luftkreises,

von

ALEX. VON HUMBOLDT,

1. Beschreibung eines Kohlen säuremessers, (*Anthracometer.*)

Dieses Instrument besteht aus einer 3 bis 5 Linien weiten, etwa 12 Zoll langen, sehr starken Glasröhre, die sich unten in eine Kugel von 1,2 bis 1,3 Zoll Durchmesser endigt. Die untern 3 Zoll der Röhre werden an der Lampe so umgebogen, daß die Kugel nicht über 6,3 Zoll weit von der Röhre absteht, um in ein enges Glas mit Wasser getaucht werden zu können. Die Röhre *ab*, (Fig. 7,) muß in ihrer ganzen Länge gleich weit seyn. Erweiterungen in *c* und *d* sind für den Gebrauch gleichgültig, nur muß zur Ersparung der Reagentien die ganze Capacität des Instruments nicht über 2 bis 2,5 Kubikzoll betragen. Bei *e* ist die Röhre so zerschnitten, daß der obere Theil 7 Zoll Länge behält, und durch Metallcylinder so verbunden, daß keine Flüssigkeit durchdringen kann. Das obere Ende der Röhre ist in einen, etwa 6 Linien hohen, metallenen Cylinder

geküttet, der von aussen etwa 9 sehr enge Schraubengänge hat und an der Mündung kegelförmig ausgedreht ist. In diese Mündung paßt ein konisches Muschelventil von 1 bis 2 Linien Dicke. Ein zweiter Cylinder von Metall, *h*, der bei 5 Linien Höhe oben durch eine Platte verschlossen und inwendig als Schraubenmutter ausgehöhlt ist, paßt als Deckel auf die Röhre. Um den Druck zu vermehren, ist die Platte *kl* in der Mitte durchbohrt, und eine zweite Schraube *m* presst das Ventil auf die Mündung der Röhre. — Der Gebrauch dieses Instruments ist sehr einfach. Man fülle es mit flüßigem ätzenden Ammoniak; dann giesse man aus *ae* so viel heraus, als man Luft untersuchen will, und trage die Länge der Luftsäule *ab* mit dem Zirkel auf einen Maassstab; ist aber *ae* selbst eingetheilt, so merke man sich die Zahl der Grade. Man schliesse das Ventil und lasse die Luft in die Kugel gehen. Hier befindet sie sich wegen der grossen berührenden Fläche in einer vortheilhaften Lage, um ihre Kohlensäure an das Ammoniak abzutreten. Dadurch sinkt das Ammoniak in der engen Röhre *ae*. Man öffnet das Ventil und fällt die Röhre ganz, so bald das Sinken aufhört. Man läßt die Luftsäule aus der Kugel wieder in die Röhre. Da sie comprimirt ist, schraubt man sie unter Wasser bei *e* ab, und senkt das obere Stück so weit unter, bis die Flüssigkeit von innen und aussen gleich hoch steht. Der Rest von der erstern Menge Luft abgezogen, zeigt die Menge der Kohlensäure. Man kann den



Stand des Barometers und Thermometers bei diesem Versuche als beständig annehmen. Kalkwasser ist dem ätzenden Ammoniak noch wegen der grössern Leichtigkeit, es zu bereiten, vorzuziehen; doch wäre es wohl noch zu untersuchen, ob die vom Herrn v. Humboldt entdeckte Eigenschaft der Erden, Sauerstoff zu binden, nicht hierbei einen schädlichen Einfluss haben könnte. Dafs dieses Instrument auch als Sauerstoffgas-Messer gebraucht werden könne, bedarf keiner Erinnerung.

2. *Ueber die Kohlensäure, welche im Dunstkreise verbreitet ist, und über die Beschaffenheit des Luftkreises der gemäßigten Zone.*

In ältern physikalischen Schriften nahm man die gewöhnliche Menge derselben sehr groß an, nämlich 0,06. \*) Girtanner schätzt sie auf 0,01, überhaupt fehlt es aber an sichern Erfahrungen. Nach zahlreichen Erfahrungen des Herrn v. Humboldt ist die Mittelzahl für die gemäßigte Zone nahe an 0,015. Das Maximum, welches er fand, ist 0,018, (21sten Augußt 1797, 75° Hyg. Sauff., 18°, 5 R.); das Minimum 0,005, (den 3ten Sept. bei einem Regen, bewölktem Himmel und 17° R.) Herr von Sauffüre fand auf dem Gipfel des Mont-blanc \*\*) noch Kohlensäure, die wahrscheinlich

\*) S. Gehler's phys. Wörterbuch, B. 2, S. 396.

\*\*) Voy. dans les Alpes, T. 4, §. 2010, p. 200.

durch kohlenstoffhaltige Flechten, (*lichen sulphureus* und *rupestris*,) so wie weiter unten durch Chloriterde und Hornblende hervorgebracht wird. In der Luft, die Garnerin\*) aus einer Höhe von 650 Toisen mitbrachte, war eben so viel Kohlenensäure, wie damahls zu Paris. — Nach diesen Erfahrungen scheint die Kohlenensäure kein zufälliger, sondern ein allgemein verbreiteter Bestandtheil der Atmosphäre zu seyn, vielleicht, daß wir auch noch Wasserstoffgas mit dem Stickgas in derselben verbunden entdecken. Das Regenwasser zeigte ihm keine Spur Kohlenensäure. Lange wiederholte Vergleichung des Anthracometers mit dem Hygrometer haben zwar gezeigt, daß im Sommer im Ganzen etwas mehr Kohlenensäure in der Atmosphäre ist, daß aber dieser Unterschied keinesweges in den hygrometrischen Verhältnissen des Luftkreises gegründet ist. Aus diesen Versuchen geht ebenfalls hervor, daß wir die nächsten Ursachen des zunehmenden und abnehmenden Kohlenensäuregehalts noch nicht zu bestimmen im Stande sind.

Die Versuche des Hrn v. Humboldt über die Beschaffenheit des Luftkreises der gemäßigten Zone, die er mit dem Eudiometer, dem Barometer, Thermometer, Electrometer, Anthracometer, dem Saufürischen und de Lüc's Hygrometer während 6 Monate, täglich mehrere Mahle angestellt, können hier nicht in ihrem Umfange, sondern nur in ihren

Resul-

\*) Siehe den Zusatz.

Resultaten mitgetheilt werden. Wer es weifs, wie wenig Genufs solche Versuche gewähren, ehe eine genügsame Menge derselben gesammelt, wie sorgfältig man selbst alle vorschnelle Vermuthungen zurückhalten mufs, um nicht bei dieser Beobachtung etwas zuzugeben, bei jener etwas wegzulassen; der wird sicher der unermüdeten Ausdauer des Herrn von Humboldts seine Bewunderung nicht versagen.

Die wichtigsten Resultate, welche er aus jenen Versuchen zieht, zeigen, dafs, wenn bei trübem Wetter die Dünste sich auflösen, die Wolken verschwinden und sich des Himmels Gewölbe blau färbt, meist die Sauerstoffmenge des Luftkreises zunehme. Sie nimmt dagegen meist ab, wenn am blauen heitern Himmel das Cyanometer vom  $20^{\circ}$  bis  $7^{\circ}$  übergeht, und wenn Regen- oder Schneewolken sich bilden. Schlackiges Wetter, besonders Hagel mit Schnee gemischt, kündigt die geringste Sauerstoffmenge an. Beim Nebel mit starker negativer Electricität, indem die Wasserdünste sich auflösen, ist die Luft sehr reich an Oxygen. Das Schmelzen des Schnees, bisweilen selbst das Fallen eines grossflockigen, leicht zergehenden Schnees, verbessert den Luftkreis. Eine ähnliche Verbesserung wird häufig bei den im Frühjahre gewöhnlichen wohlriechenden Strichregen bemerkt, bei welchen die Electricität häufig aus der positiven in die negative übergeht. Die Verminderung bei der Bildung des Regens leitet der Verfasser aus einem Verschlucken desselben durch das gebildete Wasser her, oder

durch die Umhüllung der Dunstbläschen durch oxygenreichere Atmosphären. Das Maximum des Sauerstoffgehalts fand der Verf. 0,290 und das Minimum 0,236; der mittlere Sauerstoffgehalt war im November 0,256, im December 0,268, Januar 0,275, Februar 0,272, März 0,269, April 0,272, und in allen sechs Monaten 0,268. — Die electrische Ladung des Luftkreises fand er stets positiv, (S. 174.) negativ war sie nur auf einzelne Minuten. Es war mir dies eine willkommene Bestätigung dessen, was ich in meinem Versuche über die Theorie der electrischen Erscheinungen, S. 48, darüber geäußert habe. Bei sehr tief ziehenden Wolken war die *E* meist 0. Beim Schneien aber bemerkte der Verf. oft denselben Wechsel zwischen + und — *E*, welchen Herr Lampadius beim Gewitter wahrnahm. Am 5ten Februar war die *E* bei blauem wolkenfreien Himmel negativ. Am stärksten und am schnellsten aus + in —, wechselte sie im Nebel. Hagelwetter ist anhaltend negativ.

Herr von Buch hatte den feurigen Gedanken, den Stand des Thermometers im Schatten und im Lichte zu beobachten. Es ist merkwürdig, wie an gleich heitern Tagen bei gleicher Himmelsbläue die Sonnenkraft ungleich ist. Ungeachtet nicht angezeigt wird, wie Herr von Humboldt diesen Gedanken ausgeführt, so läßt es sich doch von einem so sorgfältigen Experimentator erwarten, daß er einen Schatten wird gewählt haben, dessen Dichtigkeit sich nach der Sonnenhöhe nicht verän-

derte. Am leichtesten wäre wohl dieser Gedanke auszuführen, wenn man zwei Thermometer neben einander der Sonne aussetzte, von denen die Kugel des einen weiß, die Kugel des andern schwarz überzogen wäre.

### 3. Ueber die Entbindung des Lichts.

Mit Vergnügen werden die Physiker die Reihe dieser Versuche, über das Leuchten des faulen Holzes, unter verschiedenen Umständen übersehen, sowohl wegen der Genauigkeit, als auch wegen der bestimmten Resultate. \*) Kohlenfaures Gas, durch Phosphor des Sauerstoffgas beraubt, verlöscht den phosphorischen Schein; einige hineingelassene atmosphärische Luft bringt denselben wieder hervor. In Sauerstoffgas leuchtet das Holz nicht stärker; die Absorption ist nicht stark, aber bald bemerkt man Kohlenäure darin. Im reinen Stickgas, so wie im reinen Wasserstoffgas, verlöscht das Holz schnell; hineingelassene atmosphärische Luft stellt das Leuchten wieder her. Diese Luftarten waren durch Phosphor ge-

\*) Nicht ganz vereinbar mit den Versuchen des Herrn v. Humboldt's ist ein von Achard in der bis  $17\frac{1}{4}$  Zoll geleerten Glocke der Luftpumpe angestellter Versuch, in welcher das Holz noch einige Tage leuchtete. (*Mém. de l'Acad. de Berlin*, p. 1783, S. 99.) Etwas kann man wohl auf die sauerstoffreichere Atmosphäre des Holzes rechnen, doch verdienen diese sowohl, wie die übrigen Versuche daselbst, nicht vergessen zu werden. A.

reinigt; damit man aber nicht die Schuld dieses Verlöschens der verdampften phosphorischen Säure geben könne, zeigte H. v. H., daß das Holz in atmosphärischer Luft, die stark damit angeschwängert war, leuchte. Heiße Luft und heißes Wasser vernichten das Leuchten, (zwischen 30 bis 32° Reaum. hört es auf zu leuchten,) im kalten Wasser leuchtet es lange. In alkalischer Auflösung verschwindet der Glanz; im Alkohol in 6 Minuten; in allen Säuren 9 bis 12 Minuten nach dem Eintauchen. Herr von Humboldt kann wohl keine concentrirte Schwefelsäure angewendet haben, denn diese greift mit außerordentlicher Schnelligkeit leuchtendes Holz an und färbt es schwarz, und die Stelle, worauf man es gießt, senkt sich sogleich; es wird dadurch als ein Hydro-Carbene mit großem Antheile Wasserstoff charakterisirt. Herr von Humboldt hat bemerkt, daß das unterirdische Grubenholz nie leuchte; er glaubt dies der Abwesenheit des Lichts zuschreiben zu können, und führt ein Beispiel an einem Bolzen an, dessen oberer Theil nur so weit er dem Lichte ausgesetzt war, leuchtete. Ich gestehe aber, daß ich nie Holz, welches fortwährend dem Lichte ausgesetzt gewesen war, phosphoresciren gesehen habe, auch Herr Gärtner,\*) ein sorgfältiger Beobachter dieser Erscheinungen, fordert ausdrücklich Abwesenheit des Lichts. Nie

\*) Scherer's *Journal der Chemie*, III. Band, S. 4.  
A.

wird das äußerlich faule Holz leuchten; gemeinlich muß man bei den Hölzern ein Stück wohl-erhaltenes Holz von dem leuchtenden abreißen, und dieses, durch das umgebende Holz von dem Sauerstoffgas der Atmosphäre gesondert, kann so durch Fäulniß eine Mischung erhalten, in der es ohne vorangehende Temperatur-Erhöhung ver-brennt.

#### 4. *Versuche über das Salpetergas und seine Ver-bindungen mit dem Sauerstoffe.*

Es sey  $z$  der Summe des in der Fontanaschen Röhre zeretzten Sauerstoffgas und Salpetergas gleich; nenne ich daher das vernichtete Salpetergas  $x$  und das absorbirte Sauerstoffgas  $y$ , so ist  $z = x + y$ . Es sey  $m$  das Volumen des zur Sättigung eines Theils Sauerstoff nöthigen Salpetergas, so verhält sich  $x : y = m : 1$ , folglich  $x + y : y = m + 1 : 1$  und es wird  $y = \frac{z}{1 + m}$  oder  $m = \frac{z}{y} - 1$ .

Alles kommt hier auf die Bestimmung von  $m$  an, und dieses ist bisher von den Physikern äußerst verschieden angegeben worden. Von Lavoisier zwischen 1,725 und 1,830, von Priestley zu 1,970, von andern bis 4,1.

Herr von Humboldt nahm daher die Arbeit noch einmahl vor, und fing damit an, die Güte des Salpetergas durch schwefelsaures Eisen und oxygenirt salzigsaures Gas zu prüfen. In einer ge-



meinschaftlich mit Vauquelin unternommenen Arbeit zeigte es sich, daß die schwefelsaure Eisenauflösung nach dem Aborbiren aus salpetersaurem Eisen und schwefelsaurem Ammoniak bestehe, weswegen sie hier eine Zersetzung des Wassers annahm. Zu bedauern ist es freilich, daß man hier annehmen und nicht voraus bestimmen kann, und daß dieser, wie so mancher andere Fall, wo Ammoniak sich bildet, noch einzeln da steht und keinen bestimmten Verwandtschaftsgesetzen unterworfen ist. Durch diese Auflösung wird alles Salpetergas absorbiert; doch ist hierbei zu bemerken, daß, wenn man die Eisenauflösung geschüttelt hat, 0,02 bis 0,03 wegen des aus der Auflösung aufgefangenen Gas abzuziehen sind. — Herr v. Humboldt bemerkte, daß der Phosphor in manchen Sorten Salpetergas leuchte; er zieht daraus den Schluss, daß sie Sauerstoff eingemengt enthielten, welches nicht Zeit habe sich mit dem Salpetergas zu verbinden, (S. 12.) Ich glaube, daß sich das einfacher, nicht den Verwandtschaftsgesetzen widersprechend, auf eine ähnliche Art, wie Fourcroy die von Götting gemachten Beobachtungen erklärt. Es kann sich hier das in dem Salpetergas enthaltene Stickgas mit dem Phosphor verbinden, durch diese doppelte Wahlverwandtschaft das Salpetergas zersetzt, und oxydirtes Stickgas und Stickstoff-Phosphor-Halbsäure erzeugt werden. Herr von Humboldt nahm keine Raumverminderung bei diesem Leuchten wahr, welches sich sehr gut damit reimt, daß

eine Stickstoff-Phosphor-Halbsäure, nach seinen eignen Beobachtungen in einer andern Abhandlung, (S. 63 bis 81,) sich gasförmig darstellt. \*) Ob Wasserstoffgas dem Salpetergas beigemengt sey, läßt sich nicht gut ausmachen. Das Salpetergas läßt sich sehr gut von gleicher Güte erhalten, wenn man die Salpetersäure von gleichem specifischen Gewichte, nämlich zu 17 oder 21° des Beaumé-schen <sup>11)</sup> Areometers, (1,132 bis 1,170,) wählt; das Salpetergasgehalt enthält dann gewöhnlich 0,13 bis 0,14 Azote. Aus den Versuchen, die der Verf.

\*) Herr von Humboldt bemerkt in dieser Abhandlung, daß einst eine sehr wasserstoffreiche Luftart aus einer Grube beim Erkalten Eisen abgesetzt, ein andermahl, (über die unterirdischen Wetter, S. 182,) daß er beim Abbrennen vom Wasserstoffgas o Zinkkalk gefunden. Dies führt ihn auf die Vermuthung, ob man nicht eben daher das Eisen ableiten könne, das aus Feuerkugeln niederfällt. Eine Beobachtung, die den 12ten November dieses Jahres hier von vielen gemacht wurde, (daß eine Feuerkugel sich plötzlich in einen breiten brennenden Feuerstreifen auflöste,) spricht sehr für luftartige, vielleicht nur mit einer Kruste Eisen umgebene Bestandtheile, in diesen Meteoren. 4.

\*\*) Da sehr viele französische Chemisten sich noch immer dieses Areometers bedienen, so glaube ich, daß es vielen willkommen seyn möchte, die Grade des Beaumé-schen Areometers auf die zugehörigen specifischen Gewichte reduciren zu können. Folgende Tabelle giebt zum Behufe dieser Reduction

mit Sauerstoffgas anstellte, erhielt er, nach nöthiger Reduction,  $m = 2,82$ , welches gar sehr von dem gewöhnlichen 1,72 abweicht. Er vermifste indessen hier oft die schöne Uebereinstimmung, an

Nicholson, in seinem *Journ. of natur. phil.*, I, 39, zufolge einiger von ihm und von Guyton angestellten Versuche.

Bei 10° Reaum. oder 55° Fahr. entsprechen

Grade an Beaumé's Areometer für Salze.	einem specifischen Gewichte von	Grade an Beaumé's Areometer für geistige Flüs- sigkeiten.	einem specifischen Gewichte von
0	1,000	10	1,000
3	1,010	11	0,990
6	1,040	12	0,985
9	1,064	13	0,977
12	1,089	14	0,970
15	1,114	15	0,963
18	1,140	16	0,955
21	1,170	17	0,949
24	1,200	18	0,942
27	1,230	19	0,935
30	1,261	20	0,928
33	1,295	21	0,922
36	1,333	22	0,915
39	1,373	23	0,909
42	1,414	24	0,903
45	1,455	26	0,892
48	1,500	28	0,880
51	1,547	30	0,867
54	1,594	32	0,856
57	1,659	34	0,847
60	1,717	36	0,837
63	1,779	38	0,827
66	1,848	40	0,817
69	1,910		
72	1,000		

die er sonst bei der atmosphärischen Luft gewöhnt war; er sah auch, daß künstliche Luftgemische, mit gleichem Antheile Sauerstoff, sich ganz anders verhielten, wie atmosphärische Luft. Dies veranlaßte ihn, eine zweite Versuchsreihe mit atmosphärischer Luft zu machen, wobei  $m$  zwischen 2,5 und 2,6 schwankte. Daraus folgt, daß 2,55 Salpetergas dazü gehören, um 1,00 \*) Sauerstoffgas zu absorbiren. Nach diesem Werthe von  $m$  und nach der Formel  $y = \frac{z}{1+m}$  ist die folgende Tabelle berechnet, die sicher jedem willkommen seyn wird, der das Eudiometer braucht.

Abforbirtes Volumen = $z$ .	Sauerstoff = $y$ .	Rückstand.
109 <sup>a</sup>	0,307	91
108	0,304	92
107	0,301	93
106	0,298	94
105	0,295	95
104	0,293	96
103	0,290	97
102	0,287	98
101	0,284	99
100	0,281	100
99	0,278	101
98	0,276	102
97	0,274 **)	103
96	0,270	104
95	0,267	105
94	0,264	106

\*) Im Originale steht 0,01, so wie überhaupt sehr viele Zahlen und Nahmen, ja, ganze Perioden, verwirrt sind.

\*\*) 0,273.

A.

A.

Abforbirtes Volumen = x.	Sauerstoff = y.	Rückstand.
93	0,261	107
93	0,259	108
91	0,256	109
90	0,253	110
89	0,250	111
88	0,247	112
87	0,245	113
86	0,243	114
85	0,239	115
84	0,236	116

Der Leser empfängt hier den Beschluss meines Auszugs der schönen Abhandlungen Humboldts über die Zerlegung des Luftkreises, die von einiger Zeit in Braunschweig erschienen sind, zum Theil aber schon Anzugsweise früher bekannt wurden. Die dahin gehörigen Abhandlungen finden sich im ersten Bande der Annalen, S. 457 bis 458, ferner S. 501 bis 514; im zweiten Bande, S. 221 bis 224; hier endlich die dem Physiker interessantesten Resultate aus den übrigen Abhandlungen. Jede Wissenschaft hat ihren eignen Standpunkt, von wo aus sie die Wichtigkeit der Untersuchung beurtheilt: aber der Einzelne hat auch wiederum seinen eignen Standpunkt; ein Auszug für eine besondere Wissenschaft kann daher weder vollkommen seyn, noch vollkommen beurtheilt werden, ungeachtet jeder das Bedürfnis desselben fühlt.

L. A. v. Arnim.

VII.

NACHTRAG

zu den vorhergehenden Abhandlungen  
des

Herrn von HUMBOLDT'S.

Ueber einige bisher nicht beachtete Ur-  
sachen des Irrthums bei Versuchen  
mit dem Eudiometer,

VON

L. A. V. ARNIM

Die Luft in Paris, so wie die von Garnerin mitgebrachte, enthielt, nach des Herrn von Humboldt's Untersuchung, 0,008 bis 0,01 kohlenfaures Gas, die erstere 0,276, die letztere nur 0,259 Sauerstoffgas. Herr v. Humboldt macht auf diesen grossen Unterschied in Rücksicht des Sauerstoffgehalts und auf die Menge Kohlenäure besonders aufmerksam; \*) aber er vergisst hier, wenn ich nicht irre, wie alle, die sich bisher mit eudiometrischen Untersuchungen beschäftigten, einen Umstand von Wichtigkeit, nämlich die Temperatur-Verschiedenheit der Luft an dem Orte, wo die Luft eingesammelt worden, und ihre Expansions-Verschiedenheit eben daselbst. Ich muss hier an die

\*) A. a. O., S. 236.

Prieurischen Versuche, (*Journ. polytechn. C. II.*)\*) über die eigenthümliche Ausdehnung der verschiedenen Gasarten bei gleichen Graden der Wärme, und besonders an die ausgezeichnet grofse Ausdehnung des Stickgas erinnern. Das Stickgas hat, nach diesen Versuchen, in Verhältnifs zu der atmosphärischen Luft, die es mit dem Sauerstoffgas hauptsächlich zusammensetzt, eine grössere Ausdehnungsfähigkeit durch die Wärme, als dieses. Im Eudiometer erhalten wir auf verschiedenen Wegen Stickgas; das Sauerstoffgas wird zersetzt; geschieht daher die Untersuchung einer Luftart nicht bei derselben Temperatur, wo sie eingesammelt, sondern in einer wärmern, so werden alle Untersuchungen zu viel Stickgas in Verhältnifs zum Sauerstoffgas angeben. Es ist diese Bemerkung in mehrerer Rücksicht von Einflufs. Zuerst für die Eudiometrie selbst; nicht etwa blofs wegen der Garnerinschen Luftuntersuchung allein, die in der wärmern Pariser Atmosphäre vorgenommen wurde, sondern überhaupt in Rücksicht aller Eudiometer-Versuche im Winter, die in der warmen Stube angestellt werden. Ich weifs nicht, wie Herr von Humboldt seine trefflichen salzburger meteorologischen Untersuchungen angestellt hat, es sollte mir aber sehr leid thun, wenn dieser Schatz von Beobachtungen dadurch an

\*) *Prony architecture hydraulique, à Paris 1796, T. II, p. 152 — 156.*



Richtigkeit verlöre. — Für die Meteorologie überhaupt ist ferner jene Bemerkung von Einfluss, indem, nach derselben, wenn anderweitige Umstände es nicht hinderten, durch erhöhte Temperatur der Atmosphäre ihr Sauerstoffgehalt vermindert erscheinen müßte. Wenn man deswegen die Humboldt'schen Beobachtungen durchsieht, so findet man ungefähr eben so viele, wo dies der Fall war, als wo der entgegengesetzte eintrat. Dem Meteorologen bleibt daher die Untersuchung, durch welchen Prozess in den entgegengesetzten Fällen das Sauerstoffgas vermehrt wurde. — Der Luftdruck kommt bei Eudiometer - Versuchen, insbesondere bei solchen, wie die Humboldt'schen über eine Luft, in der das Barometer 4 Zoll niedriger als in Paris stand, und wegen der ungleichen Zusammendrückung der Luftarten durch gleiche drückende Lasten, in Betracht. Zwar haben wir nur Versuche, die diese Verschiedenheit beweisen, ohne Versuche zu haben, die diesen Unterschied bestimmen; so viel ist aber gewiss, daß, je nachdem das Stickgas, welches im Eudiometer abgeschieden wird, in Verhältniß zu der atmosphärischen Luft eine größere oder geringere Compressibilität hat, durch den größern Luftdruck zu Paris der Sauerstoffgehalt größer oder geringer angegeben wird. — Die Rechnung des Herrn von Humboldt, (S. 163,) nach welcher der mittlere Sauerstoffgehalt der Luft im December viel geringer als im April ist, widerspricht der Meinung einiger Physiker, die den größern Reiz der Win-

terluft auf die Lungen von größerm Sauerstoffgehalte derselben herleiten. Vielleicht, wenn ich nicht irre, so wird der Fehleranschlag für die Eudiometer im Winter ihre Meinung wenigstens in dieser Rücksicht rechtfertigen. Auch dem Astronomen kann jene Bemerkung über Hrn. v. Humboldt's Untersuchung nicht gleichgültig seyn, da, nach Hrn. Kramp, (in seiner *Analyse des réfractions astronomiques*, Leipz. 99, S. 29,) die beste Tafel über die Strahlenbrechung von Bradley mit der Annahme einer beständigen specifischen Elasticität, wie er sie nennt, der Luft in jeder Höhe am besten übereinstimmt, nach der Analyse des Herrn von Humboldt's hingegen, diese durchaus nicht hätte bestehen können. Da die Oxyanthrakometrie mit allem Fug einen Platz in der Eudiometrie behauptet, so ist es wohl nicht am unrechten Orte, auf einen Versuch aufmerksam zu machen, wodurch die Vermuthung des Hrn. v. Humboldt's, (über die unterirdischen Gasarten, S. 169,) dafs es eine übersaure, oder vollkommne Kohlen Säure gebe, geprüft werden könnte. Man wäge nämlich die Menge von Kalkerde, die aus dem Kalkwasser durch gleiche Volumina von verschiedenen Sorten Kohlen Säure niedergeschlagen wird; denn Säuren, die man auf ein gleiches specifisches Gewicht gebracht, lassen sich am besten durch die Menge des zu ihrer Sättigung nöthigen Stoffs unterscheiden.

Sollte der Versuch einen Unterschied zeigen, so wäre das Lichtenbergische \*) Verzeichniß der auf Meter oder Messer sich endigenden Namen um einen vermehrt, um einen Kohlenäure - Gase - Prüfungs - Messer. Ein nothwendigeres Werkzeug zur Luftprüfung wäre wohl ein Feuchtigkeitsmesser der Luft, da die gewöhnlichen Hygrometer, aus bekannten Gründen, aller von Sauerstoff angewendeten Mühe ungeachtet, dies nicht leisten können. Herr v. Humboldt's Vorschlag, die Flaschen zu erwärmen und dann schnell zu erkälten, (über unterirdische Gasarten, S. 148,) leistet, wenn ich nicht irre, nicht viel mehr, da auch aus der kältesten Luft durch Entbindung der Gasarten, (z. B. Flusssäure, salzige Säure,) die des Wassers zu ihrer Darstellung in tropfbar - flüssiger Gestalt bedürfen, Wasser abgeschieden wird. Diese Luftarten würde ich aber am tauglichsten zu diesem Geschäfte der Wasserabscheidung finden; gleiche Volumina der zu prüfenden und der prüfenden Luft in dem mit Quecksilber gefüllten Humboldtischen Eudiometer vermischen; die Vermischung bis zu einem bestimmten Punkte erkälten; und aus der Verminderung des Volumens, nach den dazu nöthigen Erfahrungen, auf den Wassergehalt schließen.

\*) Ich glaube immer, daß sich Experimental - Physik am besten nach einem solchen Verzeichnisse von Metern entwickeln liesse.

---

IX.

EINIGE BEMERKUNGEN

über die Atmosphäre der Erde, der Sonne und der übrigen Planeten,

von

DANIEL MELANDERHJELM,

Professor der Astronomie zu Upsala. \*)

**Z**u den interessanten Beobachtungen, womit Herr Oberamtmann und Astronom Schröter in Lilienthal die Sternkunde bereichert hat, gehört auch die Beobachtung der weit entfernten Lichterscheinung, welche er am 28sten Jun. 1795 mit seinem 27füßigen Reflector von 20 Zoll Oeffnung, im Ophinchus, in der Gegend der Sterne  $\nu$  und  $\zeta$  der Schlange, zufällig wahrnahm; eine Erscheinung, die seiner Vermuthung nach über tausend Meilen von der Erdoberfläche entfernt seyn möchte. \*\*)

Da

\*) Aus den königl. Vetenskaps Academiens nya Handlingar, 1. Quart., Stockh. 1798, von Herrn Adjunct Droyfen in Greifswald ins Teutsche übertragen.

\*\*) Eine Beschreibung dieser merkwürdigen Lichterscheinung und Vermuthungen darüber, welche Herr Schröter der Stockholmer Akademie der Wissenschaften übersandt hatte, ist, ins Schwedische übersetzt, in ihren Verhandlungen abgedruckt; und dazu gehören Melanderhjelm's Bemerkungen

Da diese Erscheinung dennoch wahrscheinlich in der Atmosphäre unsrer Erde vorging, so muß diese eine ungleich grössere Höhe haben, als bisher

kungen als ein Anhang. Nach Herrn Schrö-  
ter's Erzählung, in den Götting. gel. Anzeigen, 1796,  
Stück 32, musterte er gerade damals durch seinen  
Reflector, bei 183mahliger Vergrößerung und ei-  
nem Gesichtsfelde von 15 Minuten, jene sternreiche  
Gegend des Schlangenträgers. Des hellen Mond-  
scheins ungeachtet war das Feld eine halbe Stun-  
de lang nie von sehr feinen matten Sternchen leer,  
die mit schwächern Teleskopen nicht bemerkbar  
gewesen wären. Während dieser Beobachtung zog  
sich plötzlich um 11 Uhr 15 Minuten ein äußerst  
feines und mattes, einer sehr entfernten sogenannten  
Sternschnuppe ähnliches Lichtpünktchen, von oben  
nach unten mitten durch das ganze Feld, so daß  
es sich von Südost gegen Nordwest aufwärts bewog-  
te, und durchlief höchstens in 1 Sekunde Zeit das  
ganze Gesichtsfeld. Diese weit entfernte Licht-  
masse hatte mit den sehr feinen Sternchen, die ge-  
rade im Fernrohre standen, ein gleich mattes, äu-  
ßerst schwaches Licht, und keinen grössern Durch-  
messer als diese kleinsten unter den teleskopischen  
Sternchen. Sie strich durch das Gesichtsfeld deut-  
lich, aber so fein, und in milchfarbig gräulichem  
Lichte, als wäre es keine Entzündung in unsrer  
Atmosphäre, sondern eine ätherische Lichter-  
scheinung in einem äußerst entfernten Himmels-  
raume.

Daß dergleichen Lichterscheinungen, die nur  
zufällig mit stark bewaffnetem Auge wahrgenom-

angenommen ward, und Herr Schröter sieht sich veranlaßt, sie, sowohl dieser Erscheinung, als anderer angeführter Gründe wegen, für einige tausend Meilen über der Erdoberfläche erhaben zu halten.

men werden, in Entfernungen, die unsre bisherigen Vorstellungen weit übertreffen, vor sich gehn, das war Herrn Schröter, wie er bemerkt, schon durch die beiden merkwürdigen Lichtsprudel wahrscheinlich geworden, die er durch einen ähnlichen glücklichen Zufall im Oktober 1789, als er eben die Nachtseite des Mondes betrachtete, um 5 Uhr Morgens, mitten vor dem *Mare imbrium*, mitten im Felde seines lichtstarken 7füßigen Reflectors, plötzlich entstehn sah, und die er in seinen selenotopographischen Fragmenten, S. 592 u. f., beschreibt. Sie bestanden aus vielen einzelnen kleinen Lichtfunken, die jedoch bei 161mahliger Vergrößerung noch eine merkliche Gröſse und ein eben so weißes helles Licht als der erleuchtete Theil des Mondes hatten. Sie bewegten sich insgesammt nach Norden über den dunkeln Theil der Mondscheibe, und dann noch weiter bis an das Feld des Fernrohrs fort, und durchliefen diesen 5 Minuten großen Raum etwa in 2 Sekunden Zeit. Als der erste Lichtsprudel diesen Weg ungefähr halb zurück gelegt hatte, entstand an derselben Stelle, von welcher er ausgegangen war, nur etwas östlicher, ein zweiter, dem vorigen, noch sichtbaren, völlig ähnlicher, Lichtsprudel, von völlig gleichen kleinen, weißen Lichtfunken, welche in eben der Richtung bis an das Ende des Gesichtsfeldes fortzogen. Nach 4 Sekunden war die ganze Erscheinung vor-

Da die Dämmerung davon herrührt, daß Sonnenlicht, welches gegen die unendliche Menge kleiner und feiner Theile der Atmosphäre stößt, noch nach Sonnenuntergang durch Brechung auf

bei, ohne daß sich weiter die geringste Spur davon zeigte. Schon damals schloß Herr Schröter, daß diese Lichterscheinung in einer Entfernung von der Erdoberfläche entstanden sey, die unsere bisherigen Begriffe von der Extension unserer Erdatmosphäre weit übertrifft. Noch viel mehr bewies das aber die Lichterscheinung im Schlangenträger, die in dem weit lichthellern 17füßigen Reflector nicht mehr Licht, als der in Sternchen aufgelöste Schimmer der Milchstraße hatte, und auch nicht größer schien, als so ein entferntes Sternchen derselben.

Wahrscheinlich, sagt Herr Schröter, gehören diese Lichterscheinungen zu dem, was man Glanzkugeln oder Sternschüsse nennt, nur daß sie in unglaublichen Entfernungen vor sich gehn. Am 12. Nov. 1791 beobachteten Morgens um 6 Uhr 39 Minuten zu gleicher Zeit Lichtenberg in Göttingen und Herr Schröter in Lilienthal eine der größten und hellsten Erscheinungen solcher Art. Ersterer zeigte sie sich spindelförmig, 6 Bogenminuten breit und 8 bis 9 Grade lang; und diesem erschien sie mit einem so starken, blitzähnlichen Lichte, daß er einen Donner erwartete. Und doch ergab sich aus einer obenhin angestellten Vergleichung der Beobachtungen, daß sie, in einer senkrechten Höhe von ungefähr 4 geogr. Meilen über der Erdoberfläche, senkrecht über Westphalen weggegangen,



die Erde herabkommt, und ihr das Licht, wodurch die Luft erleuchtet wird, mittheilt; dieses Licht aber immer mehr und mehr geschwächt wird, je tiefer die Sonne unter den Horizont sinkt, und ganz aufhört, wenn die Sonne gewisse Grade unter demselben steht: so hat man darin eine Methode zu finden geglaubt, die Höhe der Atmosphäre zu messen, weil das letzte Sonnenlicht, welches die Dämmerung verursacht, auf die Grenze der Atmosphäre fallen müsse. Könnten dann Beobachtungen bestimmen, wie tief die Sonne unter dem Horizonte steht, wenn die Dämmerung aufhört; so wäre es eine leichte trigonometrische Aufgabe, hieraus zu berechnen, wie hoch die Grenze der Atmosphäre über der Erdoberfläche erhaben ist.

und 12 bis 16 Meilen umher gesehn worden sey, wiewohl man sie viel weiter hätte wahrnehmen können.

Dürfte man nun mit einiger Wahrscheinlichkeit schliessen, daß Glanzkugeln in dem Verhältnisse entfernter wären, in welchem sie kleiner und matter aussehn, so folgte für die Lichterscheinung im Ophiuchus, die kaum eine halbe Sekunde betragen mochte und so äußerst matt war, eine Entfernung von einigen tausend Meilen. Und diese ist Herr Schröter in seiner Abhandlung in der That geneigt ihr beizulegen; besonders wenn er noch den kleinen Bogen bedenkt, den sie in einer Zeitsekunde durchlief.

d. H.

Einige Astronomen, wie Halley, Keil, Monnier u. A., haben diese Methode aus einander gesetzt, und dabei angenommen, alle Dämmerung höre auf, wenn die Sonne  $18^{\circ}$  unter dem Horizonte steht. Dem zu Folge könnte sich die Höhe der Erd-Atmosphäre nicht weiter erstrecken, als daß ihre Grenze ungefähr 6 schwed. Meilen rundum von der Oberfläche der Erde entfernt wäre. Auch müßte das Licht nur durch eine einzige Zurückwerfung von der Grenze der Atmosphäre in das Auge des Zuschauers fallen; und da es vielleicht erst nach mehreren Zurückwerfungen in das Auge gelangt, so würde dann die Höhe der Atmosphäre selbst noch geringer als die angegebene seyn. Allein es ist unmöglich, ein genaues Urtheil über das wahre Ende oder den wahren Anfang der Dämmerung zu fällen, und dies um so mehr, da das Sonnenlicht, noch lange, nachdem die Sonne  $18^{\circ}$  unter den Horizont gesunken ist, die übrigen Theile der sehr verdünnten Atmosphäre erleuchten kann, ohne daß darum dieses schwache Licht die Oberfläche der Erde zu erreichen und durch die dichter werdende Atmosphäre hindurch zu dringen brauchte. Da nun die Sonne ungefähr 18 Grade unter dem Horizonte seyn muß, ehe ihre Strahlen auf die Oberfläche der Erde zu fallen aufhören; so muß ihre Tiefe noch viel größer seyn, und zwar in einem viel größern Verhältnisse, als die wachsenden Höhen zunehmen, ehe ihre Strahlen aufhören, die höchsten Theile der Atmosphäre zu treffen.

Die Beobachtungen, die man über den Nord-schein angestellt hat, um die Höhe desselben aus seiner Parallaxe zu bestimmen, geben alle dem Nord-schein eine Entfernung von 100 schwed. Meilen und darüber von der Erdoberfläche. Da dieses Phänomen aber nur in der Erd-Atmosphäre entstehen und fort-dauern kann, so muß die Höhe der Atmosphäre wenigstens jener gleich seyn.

Ein anderer und sicherer Schluss ließe sich über die Höhe unsrer Erd-Atmosphäre aus dem Verdichtungs-gesetze der Luft herleiten, nach welchem ihre Dichtigkeit in ungleichen Höhen über der Erdoberfläche in Verhältniß mit dem Drucke der darüber stehenden Atmosphäre steht. Durch vielfältige Versuche ist die Richtigkeit dieses Gesetzes von Newton, Mariotte, Desaguliers, Bouguer, Cotes u. A. bestätigt worden. \*) Zwar nimmt Thom. Simpson ein, in etwas von dem angeführten abweichendes, Gesetz der Verdichtung der Atmosphäre in seiner Untersuchung zur Bestimmung der Strahlenbrechung an; aber ausserdem, daß das vorhergehende Gesetz durch vielfältige Erfahrungen so gut als bestätigt ist, wird auch der Unterschied zwischen diesem Gesetze und dem Simpson's so geringe, daß die Folgerungen aus beiden für die gegenwärtige Untersuchung als überein-

\*) Doch aber nur höchstens bis zu einer achtfachen Verdünnung, und nicht weiter. J. H.

stimmend anzusehen sind. Nimmt man das vorige Gesetz, und mit ihm zugleich an, daß die Central-Kraft der Theile der Atmosphäre gegen den Mittelpunkt der Erde unveränderlich sey, (welches man wohl annehmen kann, da die Entfernungen von der Oberfläche der Erde nicht groß sind;) so findet man, wie ich in einer Untersuchung an einem andern Orte gezeigt habe: daß, wenn man zu den nagleichen Höhen der Luftschichten über der sphärischen Oberfläche der Erde als Abscissen, die verhältnismäßige Dichtigkeit jeder Schicht als senkrechte Ordinaten aufträgt, die dadurch bestimmte Curve logarithmisch ist. — Bouguer nahm in seiner Optik gleichfalls ein solches Centripetal-Gesetz an, und fand umgekehrt, daß, wenn er annahm, die Dichtigkeiten der Atmosphäre wären den Ordinaten der logarithmischen Curve proportional, die durch Versuche bestimmten Dichtigkeiten damit übereinstimmten.

Hierbei ist aber zu bemerken, daß diese Versuche nur in solchen Entfernungen von der Oberfläche der Erde gemacht werden können, deren Unterschied, in Rücksicht auf die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde, so geringe ist, daß er für die Versuche selbst unmerklich wird. Ist dagegen die Frage von der Abnahme der Dichtigkeiten der Luft dem Gesetze der Schwere in großen und zunehmenden Entfernungen von der Oberfläche der Erde gemäß; so wird der Unterschied zwischen die-

sen Dichtigkeiten und denen, welche dem in der Natur wirklich herrschenden Gesetze der Schwere gemäß berechnet sind, sehr merklich. Deswegen habe ich an eben dem Orte jenes Problem auch dem herrschenden von Newton entdeckten Gesetze der Schwere gemäß aufgelöst, und gefunden, daß, wenn die Dichtigkeiten unsrer Atmosphäre vom Mittelpunkte der Erde in geometrischem Verhältnisse abnehmen, die diesem Gesetze gemäß dazu gehörigen Entfernungen vom Mittelpunkte der Erde in einem harmonischen Verhältnisse zunehmen müssen. Dieser Schluss trifft auch mit dem, was Newton in den *Princip. phil. natur. mathem.*, Lib. II, Prop. 22, synthetisch erwiesen hat, überein.

Aus dieser Untersuchung folgt nun erstens, daß die Atmosphäre unsrer Erde unbegrenzt ist; \*) und zweitens, daß ihre Dichtigkeit in einem sehr großen Verhältnisse abnimmt. \*\*) Um dieses Abneh-

\*) In so fern nämlich die logarithmische Linie die Abscissenlinie nicht schneidet, sondern sich ihr ohne Ende nähert, gehört für jede noch so große Abscisse immer eine Ordinate; also, (wenn man nur nach Analogie schließen dürfte,) zu jeder noch so großen Entfernung von der Erde immer eine Dichtigkeit der Luft.  
d. H.

\*\*) Beide Ausagen setzen indeß immer die Gültigkeit des Mariottischen Gesetzes für sehr große Verdünnungen, ja die erste selbst bis ins Unendliche,

men bestimmen zu können, muß man an zwei Orten Versuche anstellen, dicht an der Oberfläche der Erde, und in einer von der Oberfläche der Erde gegebenen Entfernung. Aus solchen, besonders von Bouguer auf den hohen Bergen Peru's angestellten Versuchen, hat man geschlossen, daß die Dichtigkeit unsrer Erd-Atmosphäre in einer Entfernung von 2 schwed. Meilen von der Oberfläche der Erde viermahl geringer ist, als nahe an der Oberfläche. Dem gefundenen Gesetze zufolge, nach welchem die Dichtigkeit abnimmt, müßte dann die Dichtigkeit der Luft in Höhen von 4 Meilen 16mahl, von  $8\frac{1}{2}$  Meilen 256mahl, von 19 Meilen 65536mahl, und von 39 Meilen 4300000000mahl geringer, als an der Oberfläche der Erde seyn, u. s. w. Die Verdünnung der Atmosphäre wird also in zunehmender Entfernung ganz außerordentlich wachsen, und in der Entfernung, worin sich der Mond von der Erde befindet, so groß seyn, daß das Verhältniß der Dichtigkeit der Atmosphäre in der Entfernung des Mondes, zu der an der Oberfläche der Erde, nur durch eine sehr große Reihe Zahlen ausgedruckt werden kann, und daß der Widerstand,

voraus; eine Voraussetzung, woran mehrere Physiker, so wie an den hier darauf gebauten Folgerungen, mit Recht Anstoß nehmen möchten, und die sich durch keine Analogie mit der logarithmischen Curve und ähnlichen Vorstellungen, in die man zuvor schon das hineinlegt, was man wieder daraus folgert, rechtfertigen lassen dürfte. d. H.

den die noch zur Erd-Atmosphäre gehörige Luft der Bewegung des Mondes leistet, wegen dieses hohen Grades der Verdünnung, so geringe seyn muss, dass er in Millionen Jahren nicht einmahl merklich, oder durch Beobachtungen in der Zeit gefunden werden kann.

Die Dichtigkeiten der Luft nehmen in gleichen Entfernungen von der Oberfläche der Erde in einem grössern und ausnehmend mehr wachsenden Verhältnisse ab, wenn man die Schwere der Lufttheilchen in allen Entfernungen gleich setzt, als unter dem Newtonschen Gesetze der Schwere; vorausgesetzt, dass man die die Erde umgebende Luftmasse in beiden Fällen ganz gleich annimmt. Ist z. B. im letztern Falle die Dichtigkeit der Luft in einer Höhe von  $8\frac{1}{2}$  Meile 256mahl geringer als an der Erdoberfläche, so wird sie im erstern Falle schon in einer Höhe von 8 Meilen diese Dichtigkeit haben, oder 256mahl dünner seyn, als an der Oberfläche, u. s. w.

Auch die Dichtigkeiten der Atmosphären der Sonne, des Mondes und der übrigen Planeten nehmen wahrscheinlich mit zunehmender Entfernung von den Mittelpunkten dieser Körper auf dieselbe Art, und nach demselben Gesetze ab, weil das Mariottische Gesetz, (wonach die Dichtigkeit der Atmosphäre in Verhältniss mit dem Gewichte oder Drucke der oben aufliegenden Luftschichten steht,)



aller Wahrscheinlichkeit nach, unserm ganzen Planetensysteme gemein ist; und weil auch die Schwerkraft in demselben durchgängig im verkehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte des Himmelskörpers steht. Denn, was das erste betrifft, so kann man wohl annehmen, daß die ganze Masse der Atmosphären, die in unserm Planetensysteme gefunden wird, in Rücksicht der zurückstoßenden oder Federkraft der Lufttheilchen, gegen einander von einerlei Beschaffenheit sey. Und wenn sich gleich die Sonne und die übrigen Planeten in ungleichen Zeiten, sowohl gegen einander, als gegen die Erde gerechnet, um ihre Achse drehen, und daher auch die Centrifugal-Kraft in gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte verschieden seyn muß; und wenn sie ferner wegen ihrer ungleichen Masse ungleiche Anziehung haben: so sieht man doch leicht, daß diese beiden Umstände die Eigenschaft der Masse der Atmosphäre, daß sie in Verhältniß des sie zusammendrückenden Gewichtes verdichtet werde, nicht ändern können. Wenn man nun dieses Gesetz zugleich mit dem in unserm Planeten-Systeme geltenden Gravitations-Gesetze annimmt, so folgt daraus eben so, wie wir oben bei der Erd-Atmosphäre gesehen haben, daß, wenn die Entfernungen vom Mittelpunkte der Sonne oder der andern Planeten in einer harmonischen Reihe zunehmen, die entsprechenden Dichtigkeiten der Atmosphären in geometrischer Proportion abnehmen müssen. Daraus sieht man, daß auch die

Atmosphären der Planeten, so wie der Sonne, in zunehmenden Entfernungen außerordentlich verdünnt werden, so daß, weil die Sonnen-Atmosphäre an der Oberfläche der Sonne 784mahl dünner seyn muß, als die unsrer Erde, an der Erdoberfläche (?), ihre Dichtigkeit, in der Entfernung Merkurs von der Sonne, so unmerklich werden muß, daß ihr Widerstand nicht in Millionen Jahren den Merkur, und noch weniger die übrigen Planeten, um ein merkliches retardiren kann.

Aus eben dem Grunde, warum die Erde unter den Polen abgeplattet ist, muß auch die die Erde umgebende Luft, der Dunstkreis, der sich in gleicher Zeit mit der Erde um ihre Achse drehet, durch die vereinigte Wirkung der Centrifugal- und Schwerkraft, die Gestalt eines Sphäroids annehmen. Sie muß also über dem Erdäquator am höchsten, und unter den Polen am niedrigsten seyn.

In der *Svenska Astronomien*, T. I, p. 244 habe ich gefunden, daß die Centrifugal- und Schwerkraft der Theile der Erd-Atmosphäre, bei einer Entfernung von 3354 schwed. Meilen von der Erdoberfläche, gleich sind. Die flüssige Materie, welche sich vielleicht über dieser Höhe befindet, wird daher gar keinen Druck weiter auf die unterliegende Atmosphäre ausüben können. Dem zufolge kann man also die Erd-Atmosphäre als in ein

Sphäroid eingeschlossen ansehen, dessen halbe grofse Achse 3952 schwed. Meilen beträgt, und diese Höhe der Erd-Atmosphäre stimmt beinahe mit der überein, welche Herr Schröter aus seinen beobachteten Erscheinungen herleiten will.

Daraus könnte man auch die Modification in dem angeführten Verdichtungsgefetze der Atmosphäre herleiten, dafs, wenn es gleich bei allen nahe an der Erde angestellten Versuchen gilt, es doch bei stark wachsenden Entfernungen von der Erde sehr grofse Veränderungen erleiden kann. Denn wenn gleich, bei der angenommenen Grenze von 3354 Meilen, jeder weitere Druck aufhört, so mufs doch auch weiterhin einige Dichtigkeit, so geringe sie auch seyn mag, in der Atmosphäre statt finden; wozu auch noch das kommt, dafs die zurückstofsende Kraft der Luft, ihrer gröfsern Ausdehnung gemäfs, immer schwächer werden, und endlich ganz aufhören mufs. Der Schluss, dafs die Atmosphäre der Erde sich bei einer so grofsen Verdünnung, wie die angeführte ist, unendlich weit erstreckt, leidet hierdurch auch eine Einschränkung; und so erhält die eben erwähnte Folgerung, dafs die Erd-Atmosphäre ein Sphäroid, wie das beschriebene sey, noch gröfsere Wahrscheinlichkeit.

Dann aber entsteht die Frage: ob-man den ganzen Raum zwischen diesen sphäroidischen Atmo-

Sphären der Sonne und der Planeten, so wie den ganzen Raum zwischen den Atmosphären der vielen Millionen Planeten-Systeme, die in der Schöpfung gefunden werden, als völlig leer, oder mit einer so dünnen Materie angefüllt, sich denken soll, daß ihre ganze, bis zu einem festen Körper zusammengedrückte Masse, in einem unendlich kleinen Verhältnisse zu dem ganzen übrigen Raume stehe, und also in diesem Falle auch als völlig leer zu betrachten ist. Sowohl ältere als neuere Philosophen haben sich nicht vorstellen können, daß dieser ganze Weltraum eine absolute Leere enthalten sollte, und haben ihn daher mit einer sehr feinen Materie, die sie Aether nennen, erfüllt. Einige von ihnen machten sich vom Aether den Begriff, daß er bloß eine Materie sey, die den sonst leeren Raum zwischen den himmlischen Körpern und deren Atmosphären einnehme; andere, daß diese Materie von derselben Art, wie die Luft sey, und eine beinahe unendliche Ausdehnungskraft besitze, vermöge der sie den Himmelsraum erfülle. Es würde zu weitläufig werden, alle die verschiedenen Meinungen hierüber aufzustellen. Er entgeht unsern Sinnen, und raubt uns so die Gelegenheit, Versuche anzustellen, um über die Natur desselben urtheilen zu können.

Einige Umstände scheinen dennoch einige, wiewohl wenig überzeugende Gründe für das Daseyn einer solchen feinen Materie, die verschieden von

der Luft ist, und sich dennoch mit derselben vereinigt, darzubieten. Wenn man die Luft aus einem Recipienten auspumpt, so scheint sich doch darin noch eine andere Materie zu befinden, weil man verschiedene Wirkungen gewahr wird. Newton's Beobachtungen gemäß theilt sich die Wärme eben so wohl durch die Leere als durch die Luft mit, und er konnte sich das nur durch eine zwischentretende Materie als möglich vorstellen. Diese Materie mußte so dünne seyn, daß sie des Glases und aller Körper Zwischenräume durchdringen und durch alle Räume verbreitet seyn könnte. Wenn Newton das Daseyn einer solchen Materie annahm, so vermuthete er, daß sie nicht nur weit dünner und flüssiger als die Luft sey, sondern daß sie auch eine weit größere Elasticität habe. Aus dem Drucke dieser Materie scheint er die Schwere der Körper gegen einander, und aus ihrer Elasticität die Elasticität der Luft herleiten zu wollen. Doch stellt er dies alles nur als problematisch auf.

Und in der That ist alles, was auf mancherlei Art über diesen Aether gesagt worden ist, mit Recht unter die bloßen Muthmaßungen zu zählen. Das Einzige, was sich mit Wahrscheinlichkeit darüber sagen liesse, wäre: daß, weil man aus dem vorher Angeführten \*)

\*) Vergleiche Seite 104, Anmerkung.

schließen kann, daß die Atmosphäre der Himmelskörper sich weiter erstreckt, als bis zu den Räumen, welche, in Rücksicht der Bewegung um die Achse, ihre Atmosphären einschließen. Die Himmelskörper zwischen den Atmosphären der Planeten eine sehr feine, dünne und flüchtige Materie enthalten mögen, die von derselben Natur als die Atmosphäre ist.

---

## X.

*Einige magnetische Beobachtungen.*1. *Bemerkungen über die natürlichen Magnete;  
vom Bürger HAUÿ. \*)*

Die Mineralogen haben bisher unter dem Namen der natürlichen Magnete eine eigne Art von Eisenerz begriffen, welche zwei magnetische Pole hat. Delarbre machte im Jahre 1786 bekannt, daß der Eisenglanz von Valois, Puis-de-Dôme und Mont-d'Or Polarität zeigte. \*\*) Dasselbe wurde auch an einem oktaedrischen Eisen-Krystalle aus Schweden, an einem oktaedrischen Eisen-Krystalle aus Korsika, an Brocken verschiedner Eisenerze aus Franche-Comté, und an einem Eisenlande von St. Domingo bemerkt. Es mußte daher den Physikern auffallen, daß andere Mineral-Körper, die doch beträchtliche Mengen regulinisches Eisen enthalten

\*) *Bulletin des Sciences, par la société philomatique, à Paris, An 5, No. 5, p. 34.*

\*\*) Schon vorher im *Journal de Physique* desselben Jahres, August, Seite 119, hatte Romé de l'Isle an einem Eisenglanze aus Philadelphia, (KrySTALL, t. 3, p. 187, note 35,) ein Gleiches beobachtet.  
Hauy.



und so viele Jahrtausende im Schoofse der Erde geruht haben, keinen Theil von der Wirkung empfangen zu haben schienen, welche jene magnetisch machte.

Gewöhnlich bediente man sich zu diesen Untersuchungen grösserer Magnete; \*) und da konnte es leicht geschehn, daß sehr schwache Magnete beide Pole des starken gleichmäfsig anzogen, weil ihre Pole durch die Einwirkung des starken Magneten augenblicklich verwechselt wurden. Herr H a u y wählte daher eine kleine Magnetnadel von geringer Stärke, so wie man sie in den kleinen Sonnenuhren findet, und nun wurde, was er in die Hände nahm, zu Magneten. Die Krystalle der Insel *Elba*, aus *Dauphiné*, aus *Framont*, und aus *Korsika*, stieſen an einer Seite den einen Pol ab, und zogen

\*) Wenigstens war das nicht der Fall bei der Untersuchungsmethode Cavallo's, (*Theoretische und praktische Abhandlung der Lehre vom Magnete*, von Cavallo, Leipzig 1788,) und Bennet's, der kleine Magnetnadeln, von der Gröſse der Nähnadeln, an das Gewebe der Kreuzspinne aufhing. (Siehe *Journal der Physik*, B. VII, S. 355.) Nur scheint man bisher zu wenig einen magnetischen Körper solchen Untersuchungen unterworfen zu haben. Der Zufall muſs in solchen Fällen gewöhnlich das Beste thun. So erinnere ich mich, daß, ehe ich noch Magnete mehr als von Ansehen und dem Namen kannte, ich schon die Veränderung der Richtung einer kleinen Magnetnadel durch ein altes Serpentinintefals bemerkte.

den entgegengesetzten an, wodurch ihre Polarität überzeugend erwiesen war. Darauf nahm er statt der Magnetnadel einen magnetischen Stab, wie man sich bisher zu solchen Untersuchungen zu bedienen pflegte, und näherte einem seiner Pole den gleichnamigen Pol eines Krystalls von der Insel Elba. Der grössere Magnet hatte gerade nur so viel Kraft, die Polarität des Krystalls aufzuheben, ohne dass er hier ein Anzieln bewirkte; welches aber erfolgte, da man den Krystall, in derselben Lage, an den entgegengesetzten Pol des Magnetstabs brachte.

Nun war noch ein kleiner Zweifel wegzuräumen, ob nicht jene Krystalle nur vorübergehend diesen Magnetismus angenommen haben, wie zum Beispiel ein unmagnetisches aufrecht gehaltenes Stück Eisen, welches, so lange es in dieser Lage ist, mit der untern Spitze den Südpol abstößt und den Nordpol anzieht, aber so bald es aus dieser Lage genommen wird, seine Magnetisirung verliert. Allein die Krystalle zeigten in jeder Lage immer gleiche Magnetisirung.

Aus diesen leicht anzustellenden Betrachtungen zieht Hauy den Schluss, dass alle, oder wenigstens die meisten Eisenminern, die nicht mit Sauerstoff überladen sind, zu den natürlichen Magneten gehören, dass folglich der magnetische Eisenstein nicht als eine eigne Klasse von Eisenminern in den Mineral-Systemen müsse aufgeführt werden, und dass man lieber bei jeder Eisenminer den Grad ih-

rer Magnetisirung anmerken sollte. Auch muß man den mineralogischen Bestecken, ausser dem Magnetstab oder einer starken Magnetnadel, billig noch eine schwache Magnetnadel beifügen.

2. *Ueber Vassali's Magnet ohne Abweichung und Inclination; von TREMERI, Ingénieur des Mines. \*)*

Folgende Methode gab Vassali vor ein Paar Jahren in den Mailändischen Beiträgen an, um künstliche Magnete zu bilden, welche fest und unveränderlich nach den Polen der Erdkugel zeigen. Statt der stählernen Nadel magnetisire man eine dünne Ellipse aus Stahl, auf deren großer Achse Eisenblech liegt, indem man die beiden Bogen an den Endpunkten dieser Achse nach der gewöhnlichen Art streicht, und hänge die Ellipse in ihrem Mittelpunkt über eine Mittagslinie auf. Bleibt die Achse in der Mittagslinie, so ist die Magnetnadel fertig; wo nicht, so nehme man, auf die bekannte Art, von dem einen Pole so viel Magnetismus weg, bis dieses geschieht. Alsdann hat man eine Bouffole, deren große Achse stets genau und ohne Abweichung nach den Erdpolen zeigt, wie Vassali, eilfjährigen Beobachtungen zu Folge, behauptet.

Diese Magnetnadel Vassali's ist, wie aus zweien, deren gleichnamige Pole nach einerlei Sei-

\*) *Bulletin des Sciences*, An. 5, p. 36 und 44.

te, der eine rechts, der andre links, in gleicher Entfernung von der Achse der Stahlellipse, liegen, zusammengesetzt zu betrachten. Dieses vorausgesetzt, wird es hinreichend seyn, die Wirkung zweier mit einander verbundner Magnetnadeln, die auf derselben Spitze ruhen, zu betrachten.

Ist *NS* der magnetische Meridian, und beide Nadeln sind gleich stark magnetisirt, so streben sie mit gleicher Kraft, sich in die Lage *NS* zu versetzen, daher sie dann beide unter gleichen Winkeln vom magnetischen Meridiane abstehn müssen, und dieser durch die Achse geht. Und das muß bei jeder Veränderung des magnetischen Meridians der Fall seyn. Ist die Kraft der beiden Nadeln ungleich, so weicht ihre Achse zwar vom magnetischen Meridiane ab, und ihre Kraft läßt sich so proportioniren, daß die Achse genau in die Linie nach den Polen fällt: allein so lange die magnetische Kraft beider Nadeln unverändert bleibt, bleibt es auch dieser ihr Winkel mit dem magnetischen Meridiane, so daß, so bald der magnetische Meridian sich ändert, (sey es, daß er fortrücke, oder daß die Nadeln an einem andern Orte gebraucht werden,) auch eine Abweichung der Achse von der Linie nach beiden Polen sich zeigen muß.

Eine solche Verbindung zweier Magnete hat überdies den wesentlichen Fehler, daß die beiden gleichnamigen Pole, wenn sie nach derselben Seite gerichtet sind, ihre Kraft wechselseitig schwächen. Bei gleich starken könnte das vielleicht in ungle-

chem Grade geschehn; bei ungleich starken strebt der stärkere, dem schwächern eine entgegengesetzte Polarität zu geben. In beiden Fällen müßte sich bei unveränderter Lage des magnetischen Meridians, die Lage der Achse verändern, und so könnte sich leicht bei Vassali's Magnetnadel das Umgekehrte ereignen, daß sie Veränderungen in der Abweichung zeigte, die in der That nicht statt fanden.

Man sieht hieraus, daß, wie man auch die Gestalt künstlicher Magnete ändere, sie immer einer Abweichung unterworfen bleiben, wie das schon Muffchenbroek bei seinen Versuchen mit kreisförmigen Magneten fand.

3. *John Macdonald's Beobachtungen über die tägliche Abweichung der Magnetnadel im Fort Marlborough auf Sumatra, und in der Insel St. Helena.\*)*

Ich liefs in einiger Entfernung von meinem Hause im Fort Marlborough ein kleines Gebäude, das von allem Eisen entblößt war, errichten, und zog in diesem die Mittagslinie, mittelst einer geebneten Kupferplatte, auf welche 12 concentrische Kreise eingerissen waren, und in deren Mittelpunkte eine hohle Röhre stand, in welche ein zugespitzter kupferner Stift hineinpafste. Sowohl diese Platte liefs sich mittelst dreier Stellschrauben genau hori-

\*) *Philosophical Transactions* for 1796, p. 340 — 349; for 1798, p. 397 — 402.

zontal, als auch der Stift mittelst dieser Stellschrauben vollkommen senkrecht stellen, und zugleich so verrücken, daß sich die Spitze desselben genau senkrecht über dem Mittelpunkte der Kreise befand. Dieses wurde mittelst eines eignen Mechanismus geprüft, indem ein horizontaler Arm, der an einem Ende einen senkrechten Stift, am andern eine Scheibe trug, die an die Röhre anstieß, mittelst eines Hütchens auf der schattenverfendenden Spitze ruhte, und um sie herum geführt werden konnte. Auf diese Art glaube ich die Mittagslinie bis auf 1 Minute genau gefunden zu haben, da ich sie an zwei verschiedenen Tagen völlig gleich bestimmte.

In der Magnetbüchse zog ich parallel mit ihrer Achse, d. h. in der Ebne, welche senkrecht auf der Null-Linie der Eintheilung stand, ein Haar unterhalb, und ein zweites oberhalb der Nadel, und in der Verlängerung dieser Haare wurden an der Aussen- seite der Büchse zwei sehr feine Kupferdrähte befestigt. Bei der Beobachtung wurde die Magnetbüchse so über die Mittagslinie gesetzt, daß die beiden Haare und diese Linie, welche man durch Oeffnungen im Boden der Büchse hindurch sah, einander deckten, wenn man sie von oben herab durch ein Vergrößerungsglas betrachtete, und auch hierbei fand schwerlich ein Fehler grösser als 1 Minute Statt. Damit die Büchse nicht Ein Mahl etwas anders, wie ein ander Mahl auf die Mittagslinie zu stehn käme, befestigte ich sie zuletzt auf derselben

in ihrer gehörigen Lage zwischen zwei Latten, mittelst hölzerner Keile. Beim Ablefen der Eintheilung, auf welche die Nadel stand, bedeckte ich mit der rechten Hand das rechte Auge; hielt in der linken eine Loupe von  $2\frac{1}{2}$ maliger Vergrößerung; brachte erst das obere Haar zum Decken mit der Mittagelinie; und sah dann, indem das Auge in dieser Lage blieb, an der feinen Minutenscale, wie weit die Südspitze nach Westen abwich. Jede Beobachtung wurde auf diese Art 4 Mal wiederholt, um mich von ihrer Genauigkeit zu überzeugen. Zugleich bemerkte ich jedes Mal den Thermometerstand und die Beschaffenheit des Wetters, und diese Beobachtungen wurden täglich drei Mal zu bestimmten Stunden, um 12 Uhr, früh Morgens und gegen Abend, überdies oft noch eine Beobachtung in der Nacht angestellt. \*)

Bei wiederholten Versuchen fand sich zwar die Sphäre der gegenseitigen Anziehung zwischen der Magnetnadel und dem Eisen ziemlich eingeschränkt, und ein gewöhnlicher Schlüssel wirkte nicht eher auf die Nadel, als bis er ihr bis auf 5 Zoll genähert ward. Dessen ungeachtet entfernte ich vor jeder Beobachtung alles Eisen von mir, machte die Haspen und Krampen an der Thür von Holz, ent-

\*) Diese Beobachtungen werden in den *Philos. Transact.* umständlich in Tabellen mitgetheilt, welche ich, da ihr Detail nur für wenige lehrreich seyn dürfte, übergehe.



fernte das Vorlegeschloß jedes Mahl von dem Gebäude, und bediente mich des Abends hölzerner Leuchter. Die Beobachtungen selbst wurden mit der möglichsten Sorgfalt gemacht, und ich unterliefs keine von den kleinen Vorichtsregeln, die man beobachten muß, um die größte Genauigkeit zu erhalten.

Die östliche Abweichung der Magnetnadel zu *Fort Marlborough* betrug, nach übereinstimmenden Beobachtungen:

	vom 27. 28. 29ten Juni 1794		vom 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17ten März 1795	
	Wärme	östliche Ab- weich.	Wärme	östliche Ab- weich.
um 7 Uhr Morgens	76°	1° 8'	78°	1° 6'
um 12 Uhr Mittags	81°	1° 10'	83°	1° 9'
um 5 Uhr Abends	81°	1° 12'	82°	1° 10'
um 11 bis 12 Uhr Nachts	—	—	78°	1° 8'

Aus allen Beobachtungen erhellt, daß die östliche Abweichung der Magnetnadel täglich ungefähr von 7 Uhr Morgens an bis 5 Uhr Abends zunimmt, hingegen alsdann bis 7 Uhr Morgens wieder abnimmt. Die vielen Unregelmäßigkeiten in den Beobachtungen mindern die Zuverlässigkeit dieses Resultats nicht, da es bekannt ist, daß die tägliche Variation der Magnetnadel von unbekannten Ursachen gar sehr gestört wird. Auch ergibt sich daraus, daß die tägliche Variation während eines Gewitters größer sey, als sonst bei übrigen gleichen Umständen.

Man hat bemerkt, daß die magnetische Kraft durch Wärme geschwächt, dagegen in der Kälte erhöht werde. Diese wichtige Thatfache verband man mit Halley's Hypothese von 4 magnetischen Polen, um daraus die tägliche Variation in der Abweichung der Magnetnadel zu erklären. Indem der südöstliche magnetische Pol, der im Meridiano von Celebes liegt, und daher der nächste bei Sumatra seyn soll, des Morgens durch die Sonne oder durch unterirdisches Feuer, weniger als gegen Mittag und Nachmittags erwärmt wird, soll er des Morgens die Südspitze der Magnetnadel mächtiger als Nachmittags anziehen; daher die östliche Abweichung des Morgens kleiner als des Nachmittags ist. Da zugleich der südwestliche magnetische Pol Nachmittags kälter wird, so zieht er die Südspitze stärker an, und deshalb soll die östliche Variation in der Abweichung der Magnetnadel auf Sumatra des Nachmittags größer als des Vormittags seyn. — Canton bemerkte, daß in Europa diese tägliche Variation im Sommer größer als im Winter ist; daraus scheint in der That zu erhellen, daß diese Variation auf einer Wirkung der Wärme auf Magnete in der Erde beruht; und da meine Beobachtungen gerade ein entgegengesetztes Resultat geben, so scheint das für Sumatra kein schwacher Beweis für die Wahrheit der Halley'schen Hypothese zu seyn.

Auf St. Helena erhielt ich vom 28ten Oktober bis zum 13ten November 1796, weil das Schiff,

zu welchem ich gehörte, sich dort nicht länger verweilte, zwar überhaupt nur 85 Beobachtungen, an einer Mittagslinie, die ich mit demselben Apparate, wie auf Sumatra, gezogen hatte. Doch stimmen sie so gut zusammen, daß sich daraus zuverlässige Folgerungen ziehn lassen, welche die vorige Theorie zu bestätigen scheinen. Addirt man die Beobachtungen Vor- und Nachmittags zusammen, und nimmt aus ihnen das Mittel, so findet sich die Abweichung der Magnetnadel Anfangs Novembers 1796 auf St. Helena  $15^{\circ} 48' 34'',5$  westlich. Zieht man das Mittel aus den Beobachtungen Nachmittags, vom Mittel aus den Beobachtungen Vormittags ab; so findet man die tägliche Variation der Abweichung  $3' 55''$ . Von 6 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens steht die Nadel still; dann fängt sie an sich westlich zu bewegen, so daß ihre westliche Abweichung zunimmt. Diese ist etwa um 8 Uhr Morgens am größten, und nimmt dann wieder ab. Dabei scheint dieselbe Ursache, wie auf Sumatra, wirksam zu seyn, nur daß der Beobachtungsort anders gegen die südlichen magnetischen Pole liegt.

Auf den Zimmern der königlichen Societät wächst die Abweichung der Magnetnadel von 7 Uhr Morgens bis 2 Uhr Nachmittags, und zwar ist hier die tägliche Variation größer als auf Sumatra und St. Helena. Dies folgt sehr natürlich daraus, daß England den magnetischen

Polen näher ist, als diese Inseln, welche unweit des Aequators liegen.

Auf Sumatra bemerkte ich öfters, daß die Magnetnadel aus ihrer horizontalen Lage gewichen war, und manchemahl 6 bis 8 Minuten herab-, ein ander Mahl hinaufwärts geneigt stand. Ich achtete darauf wenig, da ich es einer kleinen Aenderung im Hütchen oder im Stifte, worauf die Nadel spielte, zuschrieb. Dasselbe bemerkte ich wieder in St. Helena, ohne eine Erklärung für diese Verschiedenheit zu finden, es sey, daß die Inklination der Nadel solchen Veränderungen unterworfen sey.

Wesliche Abweichung der Magnetenadel  
auf der Insel St. Helena.

1796 November	Wärme um 2 Uhr.	6 Uhr M.	8 Uhr M.	12 Uhr.	2 Uhr A.	6 Uhr A.
1	71°	—	15° 49'	15° 48'	15° 46'	15° 47'
2	70	—	48	47	45	48
3	70½	—	50	50	46	48
4	70½	—	51	48	47	47
5	71	—	51	48	48	49
6	70½	15° 49'	51	45	48	—
7	70	48	50	46	47	—
8	71½	50	51	48	46	48
9	71	48	52	49	47	49
10	71½	—	—	—	—	—
11	71	—	—	—	—	—
12	71½	—	—	—	—	—

3. Ein dito, sehr stark und solid gearbeitet, nebst einem Thermometer, 3 Louisd'or.

4. Ein dito von 1 Fuß lang, mit hölzernem in Oehl gesottenen Gestelle und messingener Skale, 1 Louisd'or.

5. Ein Hygrometer mit der Welle und Grad-scheibe, mit hölzerner geöhelter Stange und Tabelle zur Reducirung der 400 Grade auf 10000 Theile der Normallänge,  $1\frac{1}{2}$  Louisd'or.

6. Ein dito mit messingnem Gestelle, 2 Louisd'or.

7. Ein dito ganz von Messing, sehr solid gearbeitet, mit der Berichtigungsschraube zum Feststellen auf die Null bei der Normallänge, 3 Louisd'or.

8. Ein dito mit einem Thermometer, mit der 80theiligen Skale,  $3\frac{1}{2}$  Louisd'or.

9. Ein dito mit Thermometer, mit Fahrenheit's und der 80theiligen Skale, 4 Louisd'or.

Wer diese Instrumente bestellt, erhält von ihrer Vollendung Nachricht, worauf ich nach Empfang des Geldes sogleich dieselben abgehen lasse. Die Emballage beträgt jedesmahl 16 ggr. Man wendet sich an mich postfrei mit Briefen und Geldern unter der Adresse:

Jena den 5ten Nov.

*Friedrich Wilhelm Voigt,*  
herzogl. - sächs. privileg. mathem.  
Instrumentenmacher.

1799.

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

DRITTER BAND, ZWEITES STÜCK.

---

## I.

UNTERSUCHUNGEN UND ERFAHRUNGEN  
*über die Seitenmittheilung der Bewegung in flüssigen Körpern, angewandt auf die Erklärung verschiedner hydraulischer Erscheinungen,*

von

J. B. VENTURI,  
Profeffor der Physik zu Modena.  
(Befchluss.)

---

## I N H A L T.

In den Blafewerken durch Waffer ist es die befchleunigende Kraft der Schwere und die Seitenmittheilung der Bewegung, welche das Gebläfe bewirken, *Satz 8*; nicht eine Zerfetzung des Waffers, *Versuch 25*. Mögliche Stärke dieses Gebläfes.

In manchen Fällen läßt sich Waffer, ohne Beihülfe von Mafchinen, aus einer Gegend, welche tiefer als der Abzugskanal liegt, ableiten, *Satz 9*. Anwendung davon auf die Mählgerrinne.

Annal. d. Physik. 3. B. 2. St.

Die Wirbel in den Strömen entstehen fast immer durch Seitenmittheilung der Bewegung, Satz 10. Vertikale Wirbel an der Oberfläche und am Boden des Stroms; sie retardiren hauptsächlich die Ströme. Größere Wasserhöhe bei Ungleichheiten im Bette, als wenn sie fehlten.

Theorie der Wirbel, die sich im Wasser, das aus einem Gefäße durch eine horizontale Oeffnung abfließt, bilden, aus der Lehre von den Central-Kräften abgeleitet, Satz 11. Erscheinung bei denselben erklärt Versuch 26 — 30.

Die Seitenmittheilung der Bewegung findet in der Luft gerade so, wie im Wasser statt, Satz 12. Dadurch entsteht der Ton in den Orgelpfeifen; und die Verstärkung des Schalls in conischen diverg<sup>4</sup>enden Röhren. Merkwürdige Verschiedenheit zwischen den tönenden Schwingungen der Luft in einer Röhre, und die durch die Atmosphäre sich fortpflanzenden Pulsationen.

---

#### Achter Satz.

*In den Bläserwerken durch Wasser, (fouflets d'eau,) wird die Luft durch die beschleunigende Kraft der Schwere, verbunden mit einer Seitenmittheilung der Bewegung der Esse, (forge,) zugeführt.*

Die Akademie von Toulouse lud 1791 die Physiker ein, die Ursache und Beschaffenheit des Windes zu erklären, den man in einigen Eisenhüttenwerken, (sorges,) durch herabstürzendes Wasser bewirkt. Ich will versuchen, hier die Wirkung dieser Art Bläserwerke in ihrem ganzen Umfange zu entwickeln, und daraus die beste Einrichtung derselben abzuleiten.

Kircher ist der Erste, so viel ich weiß, der den Wind, welchen die Wasserfälle her-



vorbringen, erklärt hat; \*) Barthés, der Vater, hat hierüber eine Theorie geliefert, die mir in verschiedner Rücksicht mangelhaft scheint. \*\*) Dietrich glaubte, dieser Wind werde durch eine Zerletzung des Waffers hervorgebracht, \*\*\*) und etwas ähnliches muthmafste schon Fabri in dem verfloffenen Jahrhundert. \*\*\*\*) Uebrigens sind diese Blafewerke dem gröfsten Theile der Phyfiker bekannt. \*\*\*\*\*)

\*) *Mundus subterr.*, lib. 14, c. 5, edit. 1662.

\*\*) *Mémoires des favans étrangers*, vol. 3, p. 378.

\*\*\*) *Gites des minerais des Pyrénées*, p. 48, 49.

\*\*\*\*) *Physic. tract.*, I, lib. 2, prop. 243.

\*\*\*\*\*) *Art des forges*, part. 2. Mariotte, *des eaux*, part. 1, Disc. 3. *Transact.* No. 473, etc. V.

Im Franzöfifchen nennt man diese Blafewerke auch *une trompe*; im Deutschen und im Englifchen fehlt ein Name dafür. Chaptal beschreibt sie in seinen *Eléments de Chimie*, Ed. 3, t. 2, p. 190, wie man sich ihrer beim Ausfchmelzen der Metalle statt der Blafebälge bedient, um in den Schmelzofen zu blasen, wie folgt: „Dieses Blafewerk, (*la trompe*.) besteht aus einem ausgehöhlten Baume, der auf einer zu unterft in die Erde gegrabnen Tonne ruht. Der Rand der Tonne steht in Wasser, und durch den hohlen Stamm stürzt sich fließendes Wasser auf einen Stein hinab, der mitten in der Tonne liegt. Die Luft, welche sich dabei entwickelt, geht durch einen Seitenkanal unten in den Ofen hinein. Sie wird theils vom Wasser mit hineingeriffen, theils rührt sie von dem Zuge her, der dadurch entsteht,

Ich fange mit einer Idee an, deren Grund der Scharffsichtigkeit des *Leonhard de Vinci* nicht entgangen ist. Mehrere gleiche Kugeln, die sich berühren, mögen sich in der Horizontallinie *AB*, (Taf. II, Fig. 1,) gleichförmig bewegen, so daß jede den Raum von 4 Kugeln in einer Sekunde durchläuft. Ist nun die Linie *BF* 16 engl. Schuhe, d. h. der Fallhöhe in der ersten Sekunde gleich, so werden in jeder Sekunde vier Kugeln von *B* nach *F* fallen und ihre gegenseitigen Distanzen werden beim Fallen ungefähr seyn  $BC = 1$ ,  $CD = 3$ ,  $DE = 5$ ,  $EF = 7$ . Und das ist eine sehr sinnliche Darstellung der successiven Trennung und Entfernung, welche die Beschleunigungskraft der Schwere unter den Körpern, die nach einander fallen, verursacht.

Das Regenwasser fließt aus einer Dachrinne in einem zusammenhängenden Gusse; indem es fällt, sondert es sich aber in horizontalen Schichten von

daß man im Baume unter seinem obern Ende Oeffnungen anbringt, welche man *trompilles* nennt. Folgendes sind die Maasse eines guten Blafewerkes dieser Art. Länge des hohlen Baums 24 Fuß; Höhe der Tonne 5 Fuß, ihr Durchmesser  $4\frac{1}{2}$  Fuß; Durchmesser des Steins 18 Zoll; Durchmesser der Trompilles 6 Zoll. Die Trompilles müssen 6 Fuß unter dem obern Ende des Baums angebracht seyn, und dieser muß sich in seinem Innern über den Trompilles von 18 Zoll bis 5 Zoll Weite trichterförmig verengern; unterhalb derselben muß er 8 Zoll im Durchmesser haben.“

d. H.

einander ab, und schlägt auf das Pflaster plätschern und abfatzweise auf. Ueberdies vertheilt und zerstreut sich noch das Wasser in diesen horizontalen Schichten. Ist der Gufs, der aus der Dachrinne kommt, kaum einen Zoll breit, so schlägt er doch auf das Pflaster oft einen Fuß breit auf. Die Luft, die sich zwischen den vertikalen und horizontalen Absonderungen des fallenden Wassers befindet, wird mit fortgestossen und herabgezogen; andre Luft folgt ihr von den Seiten her, und unten entsteht ein Wind rund um den Ort herum, auf welchen das Wasser auffällt.

Ich habe mich dem Fusse der Wasserfälle genähert, die sich von dem Gletscher des *Roche-Mélon* im *Novalesischen*, unweit des *Mont Cenis*, auf bloßen Felsen herabstürzen; man hat Mühe, dort der Gewalt dieses Windes zu widerstehn. Wenn der Wasserfall in ein Becken fällt, so wird die Luft nach dem Boden gezogen; sie prallt daraus mit Heftigkeit zurück, und spritzt das Wasser unter der Gestalt eines Nebels umher. \*) Eben so zieht

\*) Der mächtigste unter den bis jetzt mit Zuverlässigkeit bekannten Wasserfällen, der im *Niagara* in Nord-Amerika, wo ein 4000 engl. Fuß breiter Strom sich in einem Bogen, anderthalb hundert Fuß tief hinabstürzt, entspricht auch diesen Bemerkungen. Nach der Beschreibung des neuesten Reisenden, *Isaac Weld*, der ihn in einer Karte und in einigen Kupfern abbildet, (*Travels through the state of North-America and the Provinces of Upper and Low.*

das Wasser, welches sich in die innern Höhlen der

*er Canada during the years 1795, 96 and 97. London 1799, q., p. 308 seq.,)* ist der Hauptfall im nördlichen Arme 1800 engl. Fuß breit und 141 Fuß hoch, und der Fall im südlichen Arme 1100 Fuß breit und 163 Fuß hoch, aber wegen seiner grössern Höhe nicht so wasserreich als jener. Jener hat in seiner Mitte einen Einbug, in der Gestalt eines Hufeisens, und hier steigt eine Dampf- und Nebelsäule an, welche Weld selbst, als er an einem sehr heißen Tage auf dem Eriee, (aus dem der Niagara abfließt,) schiffte, 54 engl. (über 10 deutsche,) Meilen weit, gleich einem hellen Wölkchen am Horizonte, das im Fernrohre beständig seine Gestalt, nicht aber seinen Ort veränderte, wahrnahm. Noch über tausend Schuh weit vom Falle, am Ufer des Stroms unterhalb desselben, näste dieser Nebel ihn so, als wäre er durch Wasser gezogen. Das gewaltige Toben des Falls wird zu Zeiten, besonders kurz vor Regenwetter, wo die Luft den Schall am besten fortpflanzt, 40 engl. Meilen weit deutlich gehört; am Tage aber, als Weld ihn sah, hörte er den Fall noch nicht, als er sich ihm schon bis auf eine halbe engl. Meile, (2100 Schuh,) genähert hatte. Man kann sich dem fallenden Wasserbogen nähern, so daß sich hinter ihn, zwischen das Wasser und den Felsen, in welchem das Wasser eine Menge Höhlen ausgespült hat, ein Blick werfen läßt. „Ich näherte mich“, sagt Weld, „der Schneide des fallenden Wassers bis auf etwa 18 Fuß; aber hier wäre ich fast von dem heftigen Wirbelwinde erstickt worden, der beständig am Fusse des Falls wüthet, und durch den Stofs

Berge stürzt, Luft mit sich herab, die, wenn sie

einer so ungeheuern Wassermasse gegen den Felsen hervorgebracht wird. Ich gestehe es, mir verging die Lust, weiter zu gehn, auch versuchte es keiner von uns, weiter die schreckliche Gegend jener Höhlen zu betreten, die jedem, der sich zu ihrem Schlunde wagte, den Tod zu drohen schienen. Keine Worte vermögen das Erhabne der Scene, von diesem Standpunkte aus gesehen, zu schildern. Die Sinne schwanden beim Anblicke einer so ungeheuern Wassermasse, welche so nahe zu meinen Füßen von einer furchtbaren Höhe herabstürzte; der donnernde Schall der Wogen, die an die Felsenseiten der Höhlen schlugen, erfüllten mich mit Schreck, und Zittern und Furcht ergriffen mich, wenn ich bedachte, daß ein Stoß des hier ewig herrschenden Wirbelwindes mich von dem schlüpfrigen Ufer in das Becken schleudern könnte, woraus keine menschliche Hülfe mich zu retten vermocht hätte.“

In wie fern der Stoß der Wassermasse gegen die Felsen den Wirbelwind erzeugt, lehrt Venturi's Erklärung. Zwei Wasserschichten, die beim Falle von der Höhe hinab oben um 1 Fuß senkrecht von einander abstehn, müssen, wenn die unterste eben aufschlägt, wenigstens 11 Fuß senkrecht von einander entfernt seyn. Auch abgesehen von der Ausbreitung des fallenden Wassers zur Seite, ist dieses beim Auffallen mit eilsmahl so viel Luft, der Ausdehnung nach gerechnet, gemischt, und kommt schon in Tropfen herab. Beim Aufschlagen auf die Felsen wird diese Luft mit einer ähnlichen Kraft abprallen, mit der sie aufschlägt, und

aus andern Oeffnungen am Fusse des Berges wieder herausströmt, natürliche Blasebälge, oder die

zugleich zerfließt das Wasser in die kleinsten Theilchen, die mit den coharirenden Lufttheilchen sich hoch und weit umher verbreiten. Diese bilden die gewaltige Nebelsäule, welche über der Mitte des Hauptfalls schwebt, und die in den fallenden Strahl hineinfahrende, und beim Aufschlagen wieder zurückgetriebne Luft erzeugt den Luftzug und Wirbelwind unten am Falle.

Hier noch einige Bemerkungen Weld's über den Fall im Niagara:

Der Niagarafluß ist, wo er aus dem Eriesee tritt,  $2\frac{1}{2}$  engl. Meile breit, im Mittel 6 Fuß tief, und fließt mit einer Geschwindigkeit von 2 Knoten in der Stunde. Folglich giebt er in jeder Minute 670000 Tonnen Wasser her, und diese, und mehr noch stürzen in jenen Wasserfällen hinab. Am Fusse des großen Falls liegen abgerissne Felsenblöcke, zerfchmettertes Holz, und zerbrochne Gerippe großer Fische, welche die Gewalt des Stroms mit hinabrifs. Von dem, was mit hinabgeschleudert wird, soll kaum ein Drittel unten wieder zum Vorscheine kommen. Das anspülende Wasser untergräbt den Felsen, über welchen der Sturz geschieht, allmählig von unten herauf, und die Wasserfälle treten daher allmählig weiter Strom aufwärts. Bei Menschengedenk haben sie ihre Stelle um 10 und mehrere Fuß verändert. — Am Fusse des Hauptfalls findet sich eine feste weisse Masse, die vollkommen das Ansehen von versteinertem Schaume hat, und in der That auch am häufigsten an denen Felsen sitzt, woran der meiste Schaum

sogenannten *Ventaroli* bildet, \*) welche man vorzüglich in den Vulkanischen Bergen bemerkt, die in ihrem Innern besonders viel Höhlen haben. \*\*)

Man nehme eine Röhre *BCDE*, (Fig. 2,) durch welche das Wasser eines Kanals *AB* in den untern Behälter *MN* fällt, und bringe rings umher in ihr Löcher an, damit die äussere Luft freien Zutritt habe, und die Luft ersetzen könne, die

getrieben wird. Einige glauben, er werde von den erdigen Theilen des Flusswassers gebildet, die sich beim Falle von den Wassertheilchen scheiden. „Gerade als wir den Fuß des Hauptfalls verliessen, brach die Sonne hinter den Wolken hervor, und bildete im Nebel, der über dem Falle schwebte, den schönsten und vollständigsten Regenbogen, der sich denken läßt.“  
d. H.

\*) Zuweilen sind jedoch diese *Ventaroli* Wirkungen von der Ungleichheit der Temperatur zwischen der Luft der Höhle und der äussern Luft. V.

Eine interessante Abhandlung *Sauffure's* über diese natürlichen Blasewerke findet man im fünften Aufsatze dieses Stücks.  
d. H.

\*\*) Die merkwürdigste Naturerscheinung dieser Art sind die *Windstöße auf der See*. Fällt eine Wolke plötzlich in Gestalt von Regen herab, so reißt sie eine Luftmasse mit fort, die reisend über die Wasserfläche hinfährt, und ein Schiff plötzlich umwerfen oder entmasten kann, daher der Seefahrer bei plötzlichen Regengüssen sehr aufmerksam ist, um durch das Einziehen der Segel diesen Stößen zu entgehen.  
d. H.

das Wasser im Herabfallen mit sich fortführt. Läßt man nun diese Mischung von Wasser und Luft auf einen Haufen Steine *Q* auffallen, so trennen sich beim Umherstieben durch den Behälter *MN* Wasser und Luft von einander; das Wasser fällt zu Boden und fließt durch mehrere Oeffnungen *T*, *V*, in einen tiefer liegenden Kanal ab; die Luft hingegen steigt, als das Leichtere, nach dem obern Theile des Behälters, und wird aus ihm in die Röhre *O* getrieben, aus der sie in die Esse oder den Hohofen, (*forge*,) bläst.

*Versuch 25.* Ich verfertigte ein solches künstliches Blasewerk im Kleinen, und gab dabei der Röhre *BD* 2 Zoll im Durchmesser und 4 Fufs Höhe. Als das herabstürzende Wasser den Querschnitt *BC* der Röhre ganz ausfüllte und alle Oeffnungen in den Seitenwänden der Röhre *BDEC* verstopft waren, gab die Röhre *O* nicht den geringsten Luftstrom.

Es ist also offenbar, dafs der Wind, der entsteht, wenn die Oeffnungen der Röhre nicht verstopft sind, lediglich von der Atmosphäre herrührt, und dafs eine Zersetzung des Wassers daran keinen Antheil habe. In der That läßt sich das Wasser durch bloße mechanische Mittel, als Schlag und Stofs, nicht in Gasarten zersetzen. *Fabri's* und *Dietrich's* Meinung wäre also durch die obige Erfahrung als ungegründet widerlegt, und es bleiben uns nur noch die Umstände zu untersuchen übrig, unter welchen die grösste Menge von Luft



in den Behälter *MN* getrieben wird, und diese Luftmenge zu messen.

Zur Beurtheilung der Umstände, unter denen der stärkste Wind entsteht, dient Folgendes:

1. Die Trennung der Wasserkügelchen im herabstürzenden Strahle geht, sowohl nach vertikaler als nach horizontaler Richtung, schon in den obern Theilen des Wasserstrahls vor sich. Um folglich von der Beschleunigenden Kraft der Schwere die größte Wirkung zu erhalten, muß das Wasser durch *BC* mit der kleinsten möglichen Geschwindigkeit fallen, und daher die Wasserhöhe *FH* nur gerade so groß seyn, als nöthig ist, den Schnitt *BC* voll Wasser zu erhalten. Ich will annehmen, die senkrechte Geschwindigkeit dieser Schicht gehöre zu einer Fallhöhe, die dem Durchmesser *BC* gleich ist.

2. Es ist zwar noch durch keinen directen Versuch bekannt, bis zu welcher Seitenentfernung sich die Mittheilung der Bewegung zwischen Wasser und Luft erstreckt; doch werden wir sicher annehmen können, daß sie sich durch einen Querschnitt verbreite, der noch einmahl so groß als der Querschnitt ist, welchen das Wasser beim Eintritte in die senkrechte Röhre einnimmt. Man nehme daher den Querschnitt der Röhre noch einmahl so groß, als den Querschnitt des Wasserstrahls in *BC*; und damit dieser sich durch die ganze Weite der Röhre ausbreite, so befestige man in *BC* einige eiserne Stangen oder ein Gitter, welches macht, daß das Was-

fer durch das ganze Innere der Röhre umher-  
spritzt.

3. Da sich die Luft in der Röhre  $O$  mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegen soll, so muß man sie in dem Behälter zusammendrücken. Diese Zusammendrückung ist der Summe der Beschleunigungen proportional, die man in dem untern Theile  $KD$  der Röhre vernichtet hat. Nimmt man  $KD$  gleich 5 Fufs, so erhält die Luft in der Röhre  $O$  schon eine hinreichende Geschwindigkeit. Dabei müssen die Wände des Stücks  $KD$  und des Behälters  $MN$  von allen Seiten genau verschlossen seyn.

4. Die Seitenöffnungen in den übrigen Stücken  $BK$  der Röhre, besonders in dem obern, müssen so angeordnet und vervielfältigt werden, daß die Luft einen ziemlich freien Zugang zu dem Innern der Röhre hat. Ich nehme sie so an, daß 0,1 Fufs Wasserhöhe hinreiche, um der Luft die Geschwindigkeit einzudrücken, mit der sie in die Oeffnungen eindringt.

Gesetzt, man habe alle diese Vorschriften befolgt, und  $BD$  sey eine cylindrische Röhre; so fragt es sich nun, wie groß die Luftmasse ist, die sich während einer gegebenen Zeit durch den Kreischnitt  $KL$  bewegt. Es sey  $KD = 1,5$  Fufs,  $BC = BF = a$  Fufs, und  $BD = b$  Fufs. Nach der allgemeinen Theorie des Falles schwerer Körper wird die Geschwindigkeit in  $KL$  seyn  $7,76 \sqrt{(a + b - 1,4)}$  \*)

\*) Es ist nämlich  $v^2 = 4gs$ , mithin in diesem Falle  
 $v = 2 \sqrt{g} \cdot \sqrt{(BF + BD - KD)}$ , wobei aber

und der Kreischnitt  $KL$  ist gleich  $0,785 a^2$ . \*) Nimmt man nun an, die Luft habe in  $KL$  die nämliche Geschwindigkeit, wie das Wasser, so geht in 1-Sekunde durch den Schnitt  $KL$  an Luft und Wasser vermischet ein Volumen von  $0,785 \cdot a^2 \times 7,76 \cdot \sqrt{(a+b-1,4)} = 6,1 \cdot a^2 \cdot \sqrt{(a+b-1,4)}$  Cubikfuss. Eigentlich müßte man die Höhe  $(a+b-1,4)$  noch um die Fallhöhe verringern, welche der Geschwindigkeit entspricht, die das Wasser verliert, indem es einen Theil seiner Bewegung der immer erneuerten Seitenluft mittheilt; allein diese Fallhöhe ist so geringe, daß man sie bei dieser Brechung füglich vernachlässigen kann. Das Wasser, welches in der nämlichen Zeit, einer Sekunde, durch  $BC$  geht, ist  $= 0,4 a^2 \sqrt{(a+0,1)}$  \*\*) Folglich

Venturi  $KD$  nicht mit 1,5, sondern nur mit 1,4 Fuß in Rechnung bringt, wahrscheinlich wegen der Annahme 4. d. H.

\*) Indem der Inhalt einer Kreisscheibe, deren Halbmesser  $r$  Schuh ist,  $\pi r^2$  Quadratfuß beträgt. d. H.

\*\*) Die Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe  $BF = a$  Fuß, (oder, wegen der 4ten Voraussetzung,  $= a + 0,1$  Fuß,) gehört, ist  $7,76 \sqrt{(a+0,1)}$  Fuß; und da der Querschnitt der Röhre  $= 0,785 \cdot a^2$  Quadratfuß, noch einmahl so groß als der Querschnitt des Wasserstrahls in  $BC$ , nach Voraussetzung 2 seyn soll, so wäre dieser  $0,4 a^2$  Quadratfuß; mithin das Wasser, welches in 1 Sekunde durch  $BC$  geht,  $= 0,4 a^2 \times 7,76 \sqrt{(a+0,1)}$  Cubikfuß. Der zweite Zahlfactor fehlt mit Unrecht bei unserm Verfasser.

d. H.

Ist das Volumen Luft, das in einer Sekunde durch  $KL$  geht,  $= 6,1 a^2 \sqrt{(a + b - 1,4)} - 0,4 a^2 \sqrt{(a + 0,1)}$  Kubikfufs, \*) und zwar ist die Luft von einer Dichtigkeit, wie sie dem jedesmahligen Drucke der Atmosphäre entspricht. Dieses Volumen ist jedoch für die Praxis ungefähr um ein Viertel zu vermindern: 1. wegen der Stöße des zerstreuten Wassers wider die Seitenwände der Röhre, wodurch dieses einen Theil seiner Bewegung verliert; 2. weil die Luft in  $LK$  wohl schwerlich in allen ihren Theilen einerlei Geschwindigkeit mit dem Wasser erlangt.

Kann die Röhre  $O$  nicht die ganze Luftmasse abführen, die durch das Blasewerk herbeigeschafft wird, so muß das Wasser  $XZ$  fallen und der Punkt  $K$  in der Röhre höher steigen. Folglich wird dann der Windstrom abnehmen, und ein Theil desselben durch die untern Seitenöffnungen der Röhre  $BK$  herausgehn.

Ich verweile mich nicht bei der Untersuchung der größern oder geringern Vollkommenheit der verschiedenen Formen von Blasewerken mit Wasser, wie man sie in manchen Schmiedewerken, besonders in Catalonien u. s. w., findet. Dieses läßt sich jedes Mahl leicht, nach den von uns festgesetzten Principien, beurtheilen.

\*) Vielmehr  $6,1 \cdot a^2 \sqrt{(a + b - 1,4)} - 3,1 \cdot a^2 \sqrt{(a + 0,1)}$ .  
d. H.

## Neunter Satz.

*Durch Hülfe des fallenden Wassers läßt sich, ohne Maschinen, Wasser aus einer Gegend ableiten, welche tiefer liegt, als der Kanal, der das fallende Wasser abführt.*

Ein Mittel, dieses zu bewerkstelligen, läßt sich aus dem ersten Versuche ableiten. \*) Dort wurde das Wasser aus dem Kasten *DEFB*, (Band II, Taf. IX, Fig. 3,) durch eine Röhre herausgetrieben, deren Ende über der Oberfläche des Wassers liegt, indem der Wasserstrahl, der durch die Röhre *AC* in den Kasten hineindringt, das Wasser des Behälters durch *MB* forttreibt.

Bei den künstlichen Gefällen in den Mühlgerinnen pflegt das Wasser in einem hölzernen parallelepipedarischen Kasten *DBCF*, (Taf. II, Fig. 3,) herabzuschiefen, der mitten im untern Abzugsgraben, im Niveau des Wasserstandes *FL*, liegt, so daß das Wasser im niedrigsten Punkte desselben, z. B. in *K*, ein oder zwei Fuß tiefer steht, als die Oberfläche des Wassers *FL* im Abzugsgraben. \*\*) Das Wasser in *F* strebt zwar herabzulinken und durch *FK* zurück zu fließen, allein der Strom reißt

\*) Annalen, B. 2, S. 424.

\*\*) Schon andre haben diese Vertiefung in *K* unter dem Niveau des Abzugsgrabens bemerkt. Siehe Guiglielmini *della natura di Fiumi*, Cap. 7, Fig. 46; und Boffut, art. 721.

es, durch seine Seitenwirkung, ununterbrochen mit fort, und verhindert es, nach *K* hinabzufließen. Bringt man eine Oeffnung *G* in den Seitenwänden des Gerinnes, etwas über dem Wasserstande in *K* an, und leitet dahinein das Wasser aus einem Felde, welches etwas unter dem Niveau des untern Abzugsgrabens *FL* liegt, so wird auch dieses Wasser mit durch *KF* hinausgetrieben werden, und so läßt sich auf eine sehr einfache Art ein Feld entwässern, welches nur 1 oder  $1\frac{1}{2}$  Schuh unter dem Niveau eines solchen Abzugsgrabens liegt. Ich schlug einmahl mit einigen meiner Collegen, bei einer Commission, die Anwendung dieses Mittels in einem praktischen Falle vor; man nahm den Vorschlag an, und es gelang sehr wohl.

Das parallelepipedarische Gerinne *DBFC* muß hierbei eine gewisse Strecke in den Abzugsgraben fortgeführt seyn, sonst könnte das Wasser von *F* nach *K* zurücksinken und den Abfluß aus *G* hindern. Die Müller kennen den Nutzen dieser Verlängerung, und wissen aus Erfahrung, daß dadurch, wenn der Strom wächst, das Wasser verhindert wird, nicht sogleich in das Gerinne zurückzufließen, und so den Gang des hintern Rades zu heimen. Aus diesem Grunde machen sie die Seitenbretter des Gerinnes so hoch, daß der obere Rand *DF* in der höchsten Wasserhöhe liegt, welche die Mühle verträgt. Bei einem Auftrage, den ich von der Stadt *Final* in dem Modenesischen erhielt, einem Theile des Panaro einen veränderten Lauf zu geben,

wie

wie es das Bedürfnis der Stadt erforderte, so benutzte ich diese Verlängerung des Gerinnes *DF* zugleich mit andern Mitteln, um bei dem neuen Kanale die Mühlen gehörig im Gange zu erhalten; und dieses glückte mir nicht nur über alles Erwarten der Leute, sondern noch mehr, als ich es selbst gehofft hatte.

#### Zehnter Satz.

*Die Wirbel in den Strömen entstehen durch die Bewegung, welche die schneller strömenden Wassertheile den ruhigeren zur Seite liegenden mittheilen.*

Wenige Schriftsteller haben die Ursache und Wirkungen der Wasserwirbel in den Flüssen erklärt, und die es gethan haben, scheinen in dieser Untersuchung nicht glücklich gewesen zu seyn.

Das Wasser, das sich in dem Kanale *MNH*, (Fig. 4.) bewegt, stößt an einer Seite auf ein Hindernis *BA*, so bildet es eine Furche, (*remou*), und strömt durch *AC* mit vermehrter Geschwindigkeit, (*avec une vitesse augmentée par la hauteur durement supérieur*.) Ruht das Wasser unmittelbar hinter dem Hindernisse in *BDC A*, so theilt der Strom *AC* seine Bewegung den ruhenden Seitentheilen *E* mit, (Satz 1,) und treibt sie vorwärts. Nach den Gesetzen des Gleichgewichts flüssiger Körper fließen sogleich die Wassertheilchen von *D* hinzu, um die dadurch entstehende Höhlung auszufüllen, und diese Bewegung dauert immer fort, da der Strom *AC* die Seitentheilchen in *E* be-

ständig mit fortführt. Zugleich strebt auch das Wasser des Stroms zunächst an *E*, aus denselben Gründen, in die entstehende Höhlung *E* hinabzudringen, wird mithin von zwei constanten Kräften, einer nach *AC*, der andern nach *E* zu, getrieben, und muß deshalb in einer krummen Linie *CD* fortfließen. Ist es in dieser bis *D* gekommen, so geht es, vermöge des zuerst angegebenen Grundes, wieder durch *DE* nach *E* zurück, und so dauert die wirbelnde Bewegung durch die krumme Linie *CDE* gleichförmig fort, so lange der Strom durch *AC* mit gleicher Geschwindigkeit strömt.

Wenn der Fluß durch eine Verengung seines Bettes in *N* geht, so entstehen von beiden Seiten Wirbel in *P* und *Q*, wie vorhin in *DC*. Wenn der Strom in *H* gegen das Ufer stößt, und darauf seine Richtung verändert, wird durch die Seitenmittheilung der Bewegung ein Wirbel im Zurückprallungswinkel *R* gebildet. Auch wenn zwei Ströme von ungleicher Geschwindigkeit schief gegen einander stoßen, bringt der geschwindere im langsamern Wirbel hervor.

Das Bette eines Flusses sey von ungleicher Tiefe, wie in Fig. 5, welche einen Längenschnitt des Stroms vorstellt, und die Ungleichheiten des Grundes mögen überall einen allmählichen Abhang haben. Dann drückt das obere Wasser seine Bewegung durch die Seitenmittheilung dem Wasser am Grunde unter der Linie *AC* ein, und das Wasser strömt in der ganzen Tiefe des Querschnitts *MB* fort. Der Strom am Grunde



wird indeß durch den Abhang  $BC$  aus seiner Richtung gebracht, und dringt in  $Q$  über die Oberfläche hervor, wo er zuweilen eine Wassergarbe, eine Art von aufsteigendem Wasserwirbel, bildet. Hat die Vertiefung in den beiden äußersten Enden einen gähnen Absturz wie in  $DE$  und  $FG$ , so bildet sich auf dem Grunde selbst ein senkrechter Wirbel in  $D$ , zuweilen auch in  $G$ , wie sich das in einem Modelle mit gläsernen Wänden recht gut beobachten läßt.

*Jeder Wirbel zerstört einen Theil der lebenden Kraft im Strome eines Flusses*, weil das Wasser, welches in der krummen Linie  $CDE$ , (Fig. 4,) zurück, und zuletzt dem Strome entgegen fließt, nur durch einen neuen Impuls die Richtung des Stroms wieder erhalten kann.

Daraus folgere ich *erstens*, daß, wenn in einem Flusse die Querschnitte seines Bettes an verschiedenen Orten ungleich sind, der mittlere Wasserstand in ihm höher ist, als er es seyn würde, wenn das ganze Flußbette durchaus die Tiefe und Weite des kleinsten Querschnitts hätte. Wir haben nämlich Satz 7, (Ann. II, 463,) gesehn, daß bauchige Erweiterungen den Abfluß einer Röhre verzögern; und gerade das geschieht auch in einem solchen ungleichen Kanale.

Figur 4 stelle einen solchen Kanal dar, der hinter  $M$  und  $N$  gerade so in der Tiefe als in der Weite zunimmt. Indem das Wasser durch  $N$  in das vertiefte Becken  $PQ$  strömt, vermehrt sich zwar die Geschwindigkeit desselben auf der Oberfläche dadurch, daß beim Herabfließen in die Vertiefung

*PQ* die obere Wasserfläche abhängig ist, wodurch die Geschwindigkeit auf der Oberfläche bestimmt wird. Aber schon Guiglielmini bemerkt sehr richtig, daß ein Fall auf die Geschwindigkeit in der Tiefe des Bettes keinen Einfluss hat.

Anfangs dient die vergrößerte Geschwindigkeit dazu, das Bette des Kanals in *PQ* zu erweitern und den Grund auszuhöhlen; alsdann aber bilden sich daselbst Wirbel sowohl an den Seiten, als im Grunde und auf der Oberfläche, und diese heben jene Geschwindigkeit auf. Ist die Geschwindigkeit einmahl da, so würde es ganz vergeblich seyn, durch Uferbaue hindern zu wollen, daß das Bette sich nicht aushöhle und erweitere; was man dadurch bewirken würde, wäre, daß das Becken sich am Ende des Uferbaues aushöhlte.

Das Flußbette habe hinter einander mehrere Verengerungen und Erweiterungen *M* und *N*, so entstehen hinter jeder Verengerung Wirbel, auch wenn sich gerade kein Wasserfall und kein Becken bildet, und es geht von der Geschwindigkeit des Stromes mehr verloren, als wenn das Flußbette überall denselben Querschnitt so groß als *M* und *N* hätte. Folglich muß sich die Oberfläche des Wassers nach jeder Erweiterung heben, um dadurch die Geschwindigkeit wieder zu erreichen, welche es durch die Wirbel verloren hat. Bezeichnen wir mit *a* den Ueberschuß dieser Wasserhöhe über den Wasserstand, der in einem Bette von gleichförmigem Querschnitte hinreicht, alle Verzögerungen, die aus einem solchen Bette ent-

stehn könnten, zu überwinden; und setzen die Zahl der gleichgestalteten und mit gleichen Verengerungen abwechselnden Erweiterungen gleich  $m$ ; so wird der mittlere Wasserstand in dem so erweiterten Flußbette um  $am$  höher seyn, als in dem engern, gleichförmig weiten Flußbette. Hierbei setze ich voraus, daß das Bette des Flusses unverändert bleibt. Ist der Grund so beschaffen, daß die Gewalt des Stroms seine Gestalt ändern kann, so wird sich das Bette in den Verengerungen tiefer aushöhlen, und alles Geröll in den Vertiefungen absetzen.

Die zweite Folgerung, die ich aus dem Verluste der lebenden Kraft eines Stroms durch Wirbel ziehe, ist in der Theorie der Flüsse ziemlich wichtig, und scheint von den Schriftstellern vernachlässigt zu seyn. Das Reiben des Wassers, längs der Ufer und über dem Boden der Flüsse, ist bei weitem nicht die einzige Ursache, welche den Strom verzögert, und, soll er gleichförmig bleiben, einen beständigen Fall nöthig macht! Eine der vorzüglichsten Ursachen dieser Verzögerung sind die Wirbel, die sich nicht nur bei allen Erweiterungen des Flußbettes, sowohl in der Tiefe als an den Ufern, sondern auch bei den Krümmungen, und wenn Wasseradern sich mit verschiedener Geschwindigkeit durchkreuzen, immerfort bilden. So wird ein beträchtlicher Theil von der Geschwindigkeit des Stroms verwandt, um in der Strömung ein Gleichgewicht herzustellen, welches sie selbst unaufhörlich stört.

## Fiffter Satz.

*Wenn Wasser, das aus einem Gefäße durch eine horizontale Oeffnung ausfließt, noch in irgend eine andere Bewegung gesetzt wird, so bildet es senkrecht über der Oeffnung einen hohlen Wirbel.*

Der Bürger Boffut hat diese Art Wirbel sehr gut beschrieben. \*) Sie unterscheiden sich zwar ihrer Natur nach von denen, die wir im vorigen Satze betrachtet haben, entstehn aber doch aus einer analogen Ursache, und deshalb will ich hier von ihnen handeln.

Es sey  $DC$ , (Fig. 6,) ein Horizontalschnitt unweit der Oeffnung  $EF$ , durch welche das Wasser aus dem Behälter  $MN$  ausfließt. Das Wassertheilchen  $D$  in diesem Schnitte bewegt sich nach  $DB$ , schief gegen die Achse  $AB$  des Behälters, und diese Bewegung läßt sich in zwei andere nach  $DC$  und nach  $CB$  zerlegen. Wir wollen setzen, der ganze Horizontalschnitt  $DQ$  bewege sich mit derselben Geschwindigkeit als das Theilchen  $D$  längs der Achse  $CB$ , in paralleler Lage herunter, so kommt es nun darauf an, die Bewegung des Theilchens  $D$  nach  $DC$ , in der Ebene  $DQ$  zu bestimmen, vermittelt derer alle Wassertheilchen im Schnitte  $DQ$  ein Bestreben annehmen, sich dem Mittelpunkte  $C$  des Horizontalschnitts zu nähern.

\*) *Hydrod.* Nro. 432.

Wird diesen Wassertheilchen eine zweite horizontale Bewegung nach irgend einer von  $DC$  verschiedenen Richtung eingeprägt, so müssen sie sich vermöge beider Kräfte um den Mittelpunkt  $C$  des Schnitts, so bewegen, daß die durchlaufenen Räume den Zeiten proportional sind, und werden daher, indem sich alle diese Bewegungen in ein gewisses Gleichgewicht setzen, in einen kreisförmigen horizontalen Umlauf kommen. Wir wollen setzen, das Wassertheilchen  $D$  näherte sich dabei dem Mittelpunkte  $C$  durch eine Art von Schneckenlinie, wo der Halbmesser der Windung stetig abnimmt;  $v$  sey die Geschwindigkeit, womit es umläuft,  $r$  die Entfernung desselben vom Mittelpunkte, und  $t$  die Zeit eines Umlaufs. Weil sich nun die durchlaufenen Sektoren wie die Zeiten verhalten müssen, so hat man ungefähr  $v = \frac{1}{r}$ ,  $t = r^2$ , und die Centrifugalkraft des Theilchens  $D = \frac{1}{r^3}$ .\*)

\*) Diese Ausdrücke sind so zu verstehen, daß die Größen in ihnen ungefähr einander proportional sind, die Geschwindigkeit des Theilchens  $D$ , so muß, in so fern die Sektoren den Zeiten proportional sind, die Geschwindigkeit  $v$  in dem Verhältnisse zunehmen, in welchem der Halbmesser  $r$  abnimmt, diesem also verkehrt proportional seyn, das heißt, es ist  $v = \frac{1}{r}$ . Nun ist bei einerlei Masse die Schwung- oder Centrifugalkraft proportional

Verfolgt man mit einiger Aufmerksamkeit die Theilchen, die sich auf der Oberfläche  $MN$  des trichterförmigen Behälters umherdrehen, so sieht man, daß bei dieser Bewegung in der That die Umlaufszeiten  $t$  sich wie  $r^2$  verhalten, daher auch bei der Annäherung an den Mittelpunkt  $C$  die Centrifugalkraft wie  $\frac{1}{r^3}$  wächst. Bei dieser so starken

Zunahme wird sie endlich so anwachsen, daß sie die Centripetalkraft  $DC$ , welche durch den senkrechten Druck nach  $SD$  bewirkt wird, ganz aufhebt, und dann bildet sich eine Höhlung  $KRTHPV$ , um welche sich der Wirbel vermöge der Centrifugalkraft erhalten wird, die aus seiner Rotation entsteht.

Dreht sich die kreisförmige Zone  $DQPR$  um die Höhlung  $RP$ , nach dem angeführten Gesetze, so kommt es nun darauf an, die Centrifugalkraft der Wasserader  $DR$  zu bestimmen. Es sei die Schwere, (Masse,) eines flüssigen Theilchens  $= M$ , ferner  $CR = a$ ,  $RD = b$ ,  $DX = x$ ,  $XZ = dz$ , und die Geschwindigkeit dieses Theilchens  $D = v$ , so ist die Centrifugalkraft dieses Theilchens  $D$ , verglichen mit der Kraft der Schwere als Krafteinheit, (wenn  $g = 181$  Zoll,

$\frac{v^2}{2r}$ , hier mithin proportional  $\frac{1}{r^3}$ . Und da die Umlaufszeiten gleich sind  $2\pi r : v$ , so sind sie hier  $r^2$  proportional. d. H.

die Fallhöhe während der ersten Secunde beträgt,) gleich  $\frac{Mv^2}{2g(a+b)}$ . Da sie überdies der Grösse

$\frac{1}{r^3}$  proportional ist, so ist die Centrifugalkraft, welche das Partikelchen  $D$  in  $x$  hat, gleich  $\frac{Mv^2(a+b)^2 dz}{2g(a+b-z)^3}$ , und mithin die Centrifugalkraft

der Wasserader  $DX$  gleich  $\frac{Mv^2(a+b)^2}{4g(a+b-z)^2} +$

*Const.* und die der Wasserader  $DR$  gleich  $\frac{bMv^2}{4a^2g}$ .  
( $2a+b$ ). \*) Und da  $bM$  die Schwere dieser Ader ist, so verhält sich die Centrifugalkraft derselben zu ihrer Schwere, wie  $u^2(2a+b):4a^2g$ .

\*) Venturi's unnöthige Weitläufigkeit, diese Formeln darzuthun, glaubte ich im Texte verlassen zu müssen. Den bekannten Lehren von der Schwungkraft zufolge ist die Schwungkraft oder die Centrifugalkraft bei der Kreisbewegung, verglichen mit der Schwere als Kräfteinheit,  $\frac{Mv^2}{2rg}$ .

Da nun in  $D$  der Halbmesser  $r$  gleich  $CD = (a+b)$  ist, so ist dort die Schwungkraft des Partikelchens

$D$  gleich  $\frac{Mv^2}{2g(a+b)}$ . In  $X$  ist der Halbmesser

$CX = (a+b-z)$ . Nun ist die Schwungkraft in

unserm Falle zugleich den Grössen  $\frac{1}{r^3}$  proportio-

nal. Also verhält sich  $\frac{1}{(a+b)^3} : \frac{1}{(a+b-z)^3}$

Je mehr sich die Wasserzone  $DRPQ$  der Oeffnung  $EF$  nähert, desto mehr nimmt der Druck nach  $SD$  zu, um desto mehr muß folglich auch die Centrifugalkraft der Zone vergrößert, folglich der Halbmesser der Höhlung  $RC$  verringert werden, damit die Centripetalkraft der Zone aufgehoben werde. Dies giebt Gründe an die Hand, woraus sich die krumme Linie, welche der senkrechte Schnitt des Trichters  $KRT$  bildet, bestimmen läßt. Ich setze, der größern Leichtigkeit halber, voraus, daß die Wände des Gefäßes die nämliche Form  $MD$ , wie dieser Trichter, haben, so daß  $DR = b$  eine constante GröÙe sey. Ferner sey  $AC = x$  und  $CR = y$ . Statt  $a$  in der vor-

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Mv^2}{2g(a+b)} : \frac{Mv^2(a+b)^2}{2g(a+b-z)^3}, \text{ und dieses letztere ist die Schwingkraft des Partikelchens } D \\
 &\text{in } X. \text{ Mithin ist die Schwingkraft des Elements } dz \\
 &\text{gleich } \frac{Mv^2(a+b)^2 dz}{2g(a+b-z)^3}, \text{ und die Schwingkraft der ganzen Wasserader } z \text{ gleich dem Integral} \\
 &\text{dieses Ausdrucks, d. h., gleich } \frac{Mv^2(a+b)^2}{4g(a+b-z)^2} + \\
 &\text{Const., worin, da für } z = 0 \text{ auch das Integral 0} \\
 &\text{ist, } \text{Const.} = \frac{-Mv^2}{4g} \text{ ist. Setzt man also } z = b, \\
 &\text{so findet sich die Centrifugalkraft der ganzen Wasserader } DR \text{ gleich } \frac{Mv^2}{4g} \cdot \left( \frac{(a+b)^2 - (a+b-z)^2}{(a+b-z)^2} \right) \\
 &= \frac{bMv^2}{4a^2g} (2a+b.) \qquad \text{d. H.}
 \end{aligned}$$



hergehenden Formel  $y$  gesetzt, verhält sich, wie  
vorhin dargethan ist,

$$\begin{array}{ccc} \text{der Wasserader } DR & : & \text{Wasserader } DR \\ \text{Centrifugalkraft} & & \text{Schwere} \\ = v^2(2y + b) & : & 4y^2g \end{array}$$

zugleich verhält sich aber auch

$$\begin{array}{ccc} \text{der Wasserader } DR & : & \text{Wasserader } SD \\ \text{Schwere} & & \text{Druck} \\ = b : x \end{array}$$

folglich, wenn man beide Proportionen zusammensetzt,

$$\begin{array}{ccc} \text{der Wasserader } DR & : & \text{Wasserader } SD \\ \text{Centrifugalkraft} & & \text{Druck} \\ = bv^2(2y + b) & : & 4xy^2g \end{array}$$

Und diese Gröſſen müſſen gleich ſeyn, wofern  
Gleichgewicht vorhanden ſeyn ſoll. \*) Mithin iſt

$$xy^2 - \frac{bv^2y}{2g} - \frac{b^2v^2}{4g} = 0 \text{ die Gleichung der}$$

krummen Linie  $KRT$ , und dieſe iſt alſo die 64ſte  
von den Linien der dritten Ordnung bei New-  
ton. Sie iſt nach der Achſe zu convex und hat  
zwei Aſymptoten, wovon die eine die Achſe  $AR$

\*) Denn der Seitendruck, den ein Waſſertheilchen  
leidet, iſt der darüber ſtehenden Waſſerhöhe im  
Gefäſſe proportional. Soll alſo die Centrifugalkraft  
jeder Waſſerader  $DR$  ihrer Centripetralkraft gleich  
ſeyn, ſo muß auch  $bv^2(2y + b) = 4xy^2g$  ſeyn.  
d. H.

ist, und die andere durch die beiden unendlich entfernten Punkte *M*, *N* geht.

Wenn die Voraussetzungen bei dieser Theorie nicht ganz mit der Natur zusammen stimmen, so kommen sie ihr doch sehr nahe, und ein solcher Wirbel, dessen Höhlung die convexe Seite der Achse zukehrt, und worin sehr nahe  $t = r^2$  ist, ist nicht bloß möglich, sondern auch wirklich in der Erfahrung vorhanden.

*Versuch 26.* Man öffne die Mündung *EF* und drücke dem Wasser des Behältnisses irgend eine Bewegung, unabhängig von der ein, welche die Schwere und der Druck der herumgehenden Theilchen demselben zu geben streben, so fängt allemahl das Wirbeln in den Theilen an, welche dem Boden am nächsten sind, und geschieht hier mit der grössten Geschwindigkeit. Die Bewegung nach *DB* ist nämlich in den Theilen, die der Mündung *EF* näher liegen, stärker convergirend und geschwinder, \*) daher die Centripetalkraft *DC* hier ihre Wirkung eher als in den obern Theilen hervorbringt. Diese fallen in den Trichter, der sich unten zu bilden anfängt, und bekommen dadurch selbst eine Centripetalkraft, worauf sich der Trichter bis zu einer Höhe öffnet, die weit gröfser ist, als die, wo man die Convergenz der Wasseradern

\*) Bernoulli *Hydrod.*, Sect. 4, §. 3. Bossut, Art. 427.

gegen die Mündung *EF* in einem ziemlich ruhigen Wasser bemerkt.

*Versuch 27.* Man lege auf die Oberfläche des Wassers irgend einen schwimmenden Körper, der breit genug ist, um daselbst die Bildung des Trichters zu verhindern. Wird das Wasser stark bewegt, so entsteht dann der Trichter im untern Theile, und die Luft geht in denselben durch die Oeffnung *EF* hinein. Folglich ist der Druck der Atmosphäre auf die obere Wasserfläche nicht der Grund der Höhlung und des Trichters; die Luft dringt nur hinein, weil sie die Höhlung durch die Centrifugalkraft gebildet vorfindet.

*Versuch 28.* Wenn das Wasser ruhig und ohne kreisförmige Umdrehungen bleibt, so leert sich das Gefäß in 40" aus; wird es in kreisförmige Umdrehungen gesetzt, so erfolgt die Ausleerung in ungefähr 50". Man kann also nicht unbestimmt sagen, daß der Wasserwirbel die Materien durch die Oeffnung *EF* mit mehr Kraft, als wenn es keinen Wirbel gegeben hätte, hindurchtreibt und fortzieht.

*Versuch 29.* Man giesse über das Wasser im Gefäße eine Lage Oehl. Sobald der Trichter sich bildet, sinkt das Oehl hinein und geht vor dem größern Theile des darunter stehenden Wassers heraus. Die Oehltheile nehmen weniger Theil an der Rotation des untern Wassers. Da sie weniger dicht sind, so entfernen sie sich auch von der Achse

weniger als das Wasser, und fließen deshalb zuerst heraus, da nichts sie im Trichter hält.

*Versuch 30.* Jeder andere kleine Körper, der auf dem Wasser des Gefäßes schwimmt, wirkt, wofern er nur klein genug ist, gerade so, wie das Oehl. Ist sein Umfang grösser, so befindet sich das äußerste Ende des Körpers, welches nach der Achse des Trichters zu liegt, während er sich der Höhlung nähert, in einer Stelle, wo die Cirkulation reissender ist. Diese schnellere Bewegung, die einem der äußersten Enden des schwimmenden Körpers eingedrückt wird, pflanzt sich, den Gesetzen der Mechanik gemäß, auf den Schwerpunkt des Körpers fort; und da dieser weiter von der Achse abliegt und langsamer cirkulirt, so entfernt sich der Körper dadurch von dem Rande der Höhlung, in die er schon hinein zu fallen im Begriffe war. Nach weniger Zeit kommt er zum Rande des Trichters zurück, wird wiederum davon zurückgetrieben, und so dauert seine Bewegung abwechselnd fort. Wird endlich, nachdem der Trichter schon gebildet ist, auf das Wasser ein schwimmender Körper gelegt, der groß genug ist, um die ganze Weite des Trichters zu bedecken, so zerstört er ihn in seinem obern, zuweilen auch in seinem untern Theile. Der Grund davon ist, weil der Körper, der sich um seinen Mittelpunkt lediglich nach dem Gesetze von  $v = r$  drehen kann, durch das Reiben die Drehung des Wassers nach dem Gesetze

$v = \frac{1}{r}$  in den Theilen, die er berührt, aufhebt, und dadurch die trichterförmige Höhlung zerstört.

### Zwölfter Satz.

*Die Seitenmittheilung der Bewegung findet in der Luft gerade so, wie im Wasser Statt.*

Das Wehen des Windes, der sich mitten in einer ruhigen Luft bewegt, erregt Wellen und Wirbel um den Luftstrom gerade so, wie das im Wasser geschieht. Man bemerkt sie am besten beim Rauche, wenn er sich von einem Feuerherde, gleich einem dunkeln Baume, der aus einem bewegten Vulkane hervorgeht, erhebt; auch am Staube, der in einem dunkeln Zimmer schwebt, wenn man hineinbläst, und ihn dabei von einem Sonnenstrahle erleuchten läßt.

Man findet häufig, dafs, wenn der Wind aus Süden kommt, die Nordseite eines Berges zu gleicher Zeit von einem Nordwinde getroffen wird. Dieser partiale und lokale Wind ist nichts als der Wirbel, der aus dem Widerstande des Berges gegen den herrschenden Südwind herrührt. Vielleicht ist dieses auch der Grund, warum zuweilen der Wind auf die Segel eines Schiffs, wenn sie gegen die Richtung desselben eine zu schiefe Stellung haben, nach entgegengesetzter Richtung wirkt.

Der Dampfstrahl, der aus einer Dampfkugel dringt, treibt die umgebende Luft mit sich fort auf

die glühende Kohle, die man davor hält. Man hat daher keinen Grund, zu schliessen, daß es der Wasserdampf sey, der, indem er sich hierbei zersetzt, die Glut anfacht, und das Verbrennen der Kohle befördert. \*)

Eben so ist es bekannt, daß die Gestalt des Schornsteins auf das Aufsteigen des Rauchs und dessen Beschleunigung Einfluss hat, und ich selbst habe im VIIten Satze darüber Regeln aufgestellt.

In den Orgelpfeifen bestreicht die Luft, die aus der Oeffnung der Pfeife herausgeht, das Ende der in der Röhre eingeschlossnen Luftsäule, von der Seite, der Länge nach. Es verhält sich dabei alles ungefähr wie bei einer elastischen Feile, die auf einer elastischen Oberfläche reibt. Ist gleich die Luftsäule flüssig, so hängen doch auch in ihr die Theile so zusammen, daß die Zitterungen, (*trémissements*,) die in der geriebenen Stelle erregt werden, sich

\*) Daß hierin bloß die zuströmende atmosphärische Luft wirkt, und nicht eine Zersetzung des Wasserdampfs aus der Aeolipila, beweist eine Erfahrung des Dr. Lewis, (*Philosoph. Commerce of Arts*, p. 11,) der bemerkte, daß der Dampfstrahl aus der Aeolipila stets sein Feuer auslöschte, wenn er nicht durch atmosphärische Luft ging. Zwar zersetzt allerdings die glühende Kohle das Wasser; allein bei der Erzeugung des Wasserstoffgas und der Kohlenäure wird so viel Wärmestoff gebunden, daß schon deshalb die Kohle verlöschen müßte. d. H.

sich bald seitwärts der Luftsäule in ihrer ganzen Dicke mittheilen. Dadurch kommt diese in Schwingungen, welche unter sich und mit der Geschwindigkeit des reibenden Windes im Gleichgewichte sind, wobei sich, wenn es nöthig ist, die Luftsäule ihrer Länge nach in verschiedene Schwingungsknoten eintheilt. \*) Durch wiederhohlten Anstoß, (*coups*,) bringt der Wind, der aus der Oeffnung der Pfeife herausgeht, die eingeschlossene Luftsäule in grössere Schwingungen, als in die sie nach den Gesetzen des Stosses und der Seitenmittheilung der Bewegung durch eine einzige Impulsion gerathen müßte. In dem Schnarrregister und bei ähnlichen Instrumenten wirkt die Ursache, welche die Schwingungen erregt, auf die Luft in der Pfeife nicht bloß längs der Seite derselben; sondern sie trifft sie geradezu in der Mitte, und dadurch theilt sie ihre Schwingungen der ganzen Luftmassa um so besser mit. \*\*)

\*) *Mémoires de l'Acad.*, an. 1762, p. 432.

\*\*) Was die Töne der Orgelpfeifen betrifft, so giebt Herr Chladni in seiner interessanten Abhandlung über die *Longitudinal-Schwingungen der Saiten und Stäbe*, Erfurt 1796, 14 S., folgende der Natur der Sache besser entsprechende Erklärung.

„Auch die Töne einer Pfeife gehören unter die *Longitudinal-Schwingungen*. Meines Wissens hat noch niemand etwas Besseres darüber gesagt, als Daniel Bernoulli, in seiner *Théorie des tons de*  
*Annal. d. Physik.* 3. B. 1. S. I.

Unter übrigens gleichen Bedingungen hängt die Stärke des Tons, der sich aus der Pfeife durch die Atmosphäre fortpflanzt, von der Größe der Luft-

*l'Orgue*, in den Schriften der Pariser Akademie der Wissenschaften, und Lambert, in einer Abhandlung *sur les tons des flutes*, in den *Nouvelles Mémoires der Berliner Akademie*, 1775, auch Euler, in den *Nov. Comm. Acad. Petrop.*, t. 16. Nicht die Pfeife oder Röhre ist der klingende Körper, sondern die darin eingeschlossene und von der übrigen Luftmasse dadurch abgesonderte Luftsäule, welche durch Blasen genöthigt wird, sich eben so, wie ein elastischer Stab, nach der Richtung der Länge auszudehnen und zusammenzuziehen, oder sich in Theile eintheilt, die sich auf diese Art bewegen, und diese Schwingungen werden von der umgebenden Luft fortgepflanzt. Dabei sind die Folgen von Tönen dieselben, wie bei den longitudinalen Bewegungsarten der Stäbe. Die höhern Töne lassen sich am leichtesten in verhältnißmäßig engen Pfeifen, durch ein stärkeres und etwas verschiednes Anblasen, hervorbringen. In *offnen Pfeifen* finden ganz die Bewegungen und Tonverhältnisse statt, wie bei den Longitudinal-Schwingungen eines an beiden Enden freien Stabes; in *gedeckten Pfeifen*, (d. i. deren eines Ende verschlossen ist,) wie an Stäben, deren eines Ende befestigt ist. Wenn man Mittel hätte, in einer an beiden Enden verschlossenen Röhre die Luft in eine solche zitternde Bewegung zu versetzen; so würde die Tonfolge die nämliche seyn, als wenn die Röhre an beiden Enden offen wäre, welches schon Bernoulli bemerkt hat, und die Bewegungen



schicht am äußersten Ende der Röhre, und von der Weite der Schwingungen dieser Schicht ab. Sie ist es, welche gegen die Atmosphäre schlägt und

dieselben, wie bei den Longitudinal-Schwingungen eines an beiden Enden befestigten Stabes.

Auch die Töne, welche man durch Brennen des Wasserstoffgas in einer gläsernen oder andern Röhre erhält, (die sogenannte *brennende Harmonika*,) sind nichts anderes als Pfeifentöne. Durch die Flamme und die Strömung der sich entwickelnden entzündbaren Luft wird die in der Röhre befindliche Luftsäule, eben so wie durch Anblasen, in eine longitudinale zitternde Bewegung versetzt, und die Töne sind ganz die nämlichen, als wenn man sie hineinbläst. Sie richten sich auch ganz nach denselben Naturgesetzen, wie andre Pfeifentöne, wie ich in einem Aufsatze in den Schriften der Berliner Gesellschaft naturforschender Freunde ausführlich gezeigt habe.

Die Fortleitung des Schalles durch die Luft, und die Schwingungen der Luft in einer Pfeife, beruhen indess auf einerlei Gesetzen, wie sich das unter andern schon daraus ersehn läßt, daß die Geschwindigkeit der Schwingungen in der Pfeife, bei übrigens gleichen Umständen, gar nicht von der Weite, bloß von der Länge der Pfeife abhängt, und folglich gar nicht verändert wird, wenn man die Seitenwände der Pfeife unbestimmt erweitert, oder sie ganz wegnimmt und der freien Luft überall den Zutritt verstattet.“

J. H.

sie in Pulfationen bringt. \*) Aus diesem Grunde ge-  
 ben die kegelförmigen divergirenden Röhren einen  
 stärkern Ton, als die cylindrischen, und diese wie-  
 derum einen stärkern als die spindelförmigen Pfei-  
 fen, (*tuyaux à fuseau*,) und die Orgelpfeifen mit  
 einem länglichen Deckel, (*tuyaux à cheminée*,)  
 Die erste Ursache des Tons, die im Mundloche der  
 Pfeife wirkt, würde allein in der Atmosphäre nie la-  
 starke Pulfationen erzeugen, weil sie sie vermöge der  
 Seitenmittheilung in einer kegelförmigen divergi-  
 renden Röhre hervorbringt. Man wird der Erklä-  
 rung dieses Phänomens beistimmen, wenn man fol-  
 gendes bemerkt: 1. In einer Reihe an einander sto-  
 ssender elastischer Körper, deren Massen nach einer  
 bestimmten Progression wachsen, ertheilt der erste  
 dem letzten durch die Zwischenwirkung der übrige-  
 nigen eine grössere Geschwindigkeit, als er ihn durch  
 den unmittelbaren Stofs würde mitgetheilt haben.  
 2. Die in der Röhre erregten Schwingungen haben  
 eine gewisse Permanenz, die sie fähig macht, durch  
 die vereinigte Wirkung der auf einander folgenden  
 Impulsionen an Stärke zuzunehmen, indess in der  
 freien Atmosphäre jede Pulfation überhingen-  
 und isolirt ist.

Sollte nicht auch die Verstärkung des Tons in  
 den Sprachröhren zum Theil der nämlichen Ursache  
 der Seitenmittheilung der Bewegung, und nicht

\*) Man weisse, dass die Materie, aus der die Wände  
 der Röhre bestehen, keinen merklichen Einfluss  
 auf ihren Ton hat.

bloß der Reflexion der sonorisken Linien mittelst der Wände des Sprachrohrs zuzuschreiben seyn?

Ich nenne diejenigen Schwingungen, die sich in einer Röhre, wenn man darin den Ton erregt, erzeugen, *wiedertönende*, (*résonnantes*,) diejenigen hingegen, welche den Ton in der Atmosphäre fortpflanzen, *Pulsationen* oder *fortgepflanzte Schwingungen*. Ich habe schon einen Unterschied angezeigt, der mir zwischen diesen beiden Arten von Schwingungen Statt zu finden scheint; die erstern haben nämlich eine gewisse Permanenz, und hängen so unter einander zusammen, daß die vorhergehende die nachfolgende erregt, erhält und verstärkt, indess die Pulsationen, die in der Atmosphäre bei wiederholter Wirkung des tönenden Körpers auf einander folgen, isolirt und von einander unabhängig sind. Doch ist folgende Verschiedenheit unter diesen beiden Arten von Schwingungen noch merkwürdiger.

Die Erfahrung lehrt, daß, wenn am äußersten Ende der Röhre *ABC*, (Fig. 7,) in der Luftschicht *BC* eine wiedertönende Schwingung vorgeht, diese der Mittelpunkt von Pulsationen wird, die sich rings umher nach *PSQ* fortpflanzen. Denn wohin wir uns auch seitwärts, nach *P* oder *Q* zu, stellen, immer hören wir den Ton der Röhre *ABC* beinahe eben so stark, als in *S*. Fehlt dagegen die Röhre, und ist die Schwingung in *CB* eine bloße *Pulsation*, die sich durch die freie Atmosphäre von *A* nach *B* fortgepflanzt hat; so pflanzt sich in diesem

Falle die Pulsation nicht seitwärts und vollständig bis nach *P* und *Q* fort, wie die wiedertönende Schwingung, sondern hält sich beinahe gänzlich in den Grenzen *BZ* und *CT* mit einer Divergenz von 15 bis 20 Graden. Dieses Factum ist zwar von mehreren Physikern bestritten worden, läßt sich aber nicht mehr in Zweifel ziehn, seitdem ausgemacht ist, daß man das Echo, welches von einer Ebene erzeugt wird, nur hört, wenn man sich auf die Reflexions-Linie des Tons, oder nicht weit davon stellt. \*) Würde die Pulsation des Echo's rund umher vor der reflectirenden Fläche, wie um einen Mittelpunkt fortgepflanzt, müßte man dann nicht das Echo in jeder beliebigen Stelle vor dieser Fläche hören? Man muß folglich für die tönenden Pulsationen, die in der Atmosphäre fortgepflanzt werden, dieselben Ausnahmen und Grenzen in der Seitenmittheilung der Bewegung annehmen, die wir in dem ersten und in dem fünften Satze in Hinsicht des Wassers festsetzten.

---

\*) Lambert. *Mémoires de Berlin*, an. 1763, p. 31.

II.

VERSUCHE

über die Fortpflanzung des Schalles  
durch feste und flüssige Körper, und  
über die Resonanz musikalischer  
Instrumente,

VON

P E R O L L E,

Professor der Medicin zu Toulouſe. \*)

1. Fortpflanzung des Schalles durch feste und flüssige Körper.

Nachdem man die Fortpflanzung des Schalles durch Wasser, \*\*) durch Luft von verschiedenen Graden der Dichtigkeit \*\*\*) und durch mehrere Gasarten \*\*\*\*) untersucht hatte, so schien mir noch eine beträchtliche Ernte von Thatſachen zur physikalischen Kenntniß des Schalles übrig zu seyn, wenn

\*) Aus den *Mémoires de l'Acad. Roy. de Turin*, t. 5, A. 1790, 91.

\*\*) Nollet *Mémoires de l'Acad. Roy. de Paris*, 1743.

\*\*\*) Muschenbroek *Introd. etc.*, n. 1442. Nollet *Leçons de Physique*, t. 3, p. 355.

\*\*\*\*) Priestley's *Experiments and Observations etc.*, und meine in den *Mémoires de Turin*, t. 3, 1786, 87, mitgetheilten Versuche.

man den Schall durch eine Menge fester und flüssiger Körper verschiedner Art durchführte und ihre Wirkung dabei vergliche. Dieser Gedanke leitete mich bei der Reihe von Versuchen, von denen ich hier Rechenschaft ablege, und die ich im zweiten Theile dieser Abhandlung benutzen werde, um daraus die Ursache der Resonanz der Körper zu erklären.

Da alle Versuche zuletzt auf der folgenden Erfahrung beruhen, so verdient sie vorzügliche Aufmerksamkeit.

*Experiment 1.* Man verstopfe die Ohren mit gekautem oder zermalmtem Papiere, hänge eine Taschenuhr an einen Haken auf, und halte das Ohr bis auf zwei Linien dicht an die Uhr, so wird man ihren Schlag nicht hören. Darauf nehme man einen festen Körper, z. B. einen cylindrischen hölzernen Stab, 1 oder  $1\frac{1}{2}$  Fufs lang und 1 oder 2 Linien dick, halte das eine Ende desselben an die Uhr, und das andere Ende an einen der zahlreichen Theile des Kopfs, welche den Schall beim Berühren fortpflanzen, \*) z. B. an den knorpligen Theil des Ohrs; so wird man den Schall weit besser hö-

\*) Fast jeder Theil des Kopfs pflanzt den Schall fort, wenn ihn der schallende Körper unmittelbar berührt; wie man das leicht mit einer Uhr bei verstopften Ohren versuchen kann. Siehe meine *Dissert. anat.* und meine *Recherches sur l'Organe de l'Oui et la propr. des sons*, im *Journal de Physique*, 1773, t. 2.

ren, als wenn man den schallenden Körper in der Luft, dicht vor offene Ohren gehalten hätte.

Da der Schall im ersten Falle zwei Linien von der Uhr gar nicht, im zweiten Falle hingegen in weit größerer Entfernung sehr stark gehört wurde; so ist es klar, daß der hölzerne Stab den Schall besser fortpflanzte als die atmosphärische Luft. — Zugleich überfieht man, daß, um das Vermögen verschiedner fester Körper, den Schall fortzupflanzen, mit einander zu vergleichen, nichts weiter nöthig ist, als sich cylindrische Stäbe von derselben Länge und Weite als jenen hölzernen, aus diesen Materialien anzuschaffen, und mit ihnen diesen Versuch zu wiederholen. Das geschah bei folgenden Experimenten.

*Experiment 2.* Als ich den Versuch mit cylindrischen Stäben, 1 Fuß lang und 1 Zoll dick, aus verschiednen Holzarten, anstellte, ließen sie insgesammt den Schall sehr gut hindurch. Aber bei jedem neuen Stabe schien sich die Art des Tons, (*le timbre du son*,) und auch die Intension des Schalles zu ändern. Es fehlt an einem Mittel, die Unterschiede in der Art des Tons, (*timbre*,) zu bestimmen. Die Stärke oder Intension des Schalles schien dagegen in folgender Ordnung abzunehmen, von der erstern Holzart an, die ihn mit der größten Lebhaftigkeit fortpflanzte: Weiß-Tanne, Brasilienholz, Buxbaum, Eiche, Kirschbaum, Kastanie.

*Experiment 3.* Ich nahm darauf *metallne Cylinder* von derselben Gröſe. Sie pflanzten den Schall schlechter als die hölzernen fort, auch war die Art des Tons anders, so wie dieser auch in verschiedenen Metallen verschieden schien. Die Intension, mit der sie den Schall fortpflanzten, nahm in folgender Ordnung ab: Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn, Blei.

*Experiment 4.* Ich hing meine Uhr hinter einander an Schnüre von *Seide*, von *Wolle*, von *Hanf*, von *Flachs*, von *Haar* und von *Darm* auf, die ungefähr eben so dick, und völlig so lang als die vorigen festen Cylinder waren, und hielt das andere Ende der Schnur mit der Hand an den Knorpel des Ohrs. Die vom Gewichte der Uhr ausgedehnten Schnüre pflanzten den Schall mit geringerer Stärke als die festen Körper fort, und veränderten ihn auf eine merkwürdige Art. Die Art des Tons schien in jeder Schnur verschieden zu seyn, und die Intension des Schalles nahm folgender Massen ab: Darm, Haar, Seide, Hanf, Flachs, Wolle, Baumwolle.

Aus allen diesen Versuchen folgt: 1. dafs harte Körper und angespannte Schnüre den Schall weit besser als die atmosphärische Luft durch sich hindurch lassen. 2. Dafs jedes dieser Mittel ihn auf eine eigenthümliche Art hindurch läßt, so dafs die Art und die Intension des Schalles bei keinem so wie bei den andern sind, so weit sich darüber aus Versuchen urtheilen läßt, die nicht immer ganz entschei-



stende Resultate geben. \*) 3. Dafs Holz den Schall am besten hindurchläfst, Metall mit einer geringern Stärke, und die gespannten Schnüre mit noch minderem.

*Experiment 5.* Ich liess ferner den Schall durch Stücke von *Zink, Antimonium, Glas, Salz, Edelstein, Gyps, trockenem Thon* und *Marmor* gehn. Da ich aber diesen verschiednen Materien nicht einerlei Form geben konnte, so liess sich ihr Vermögen, den Schall hindurch zu lassen, nicht mit Sicherheit bestimmen. Nur so viel war offenbar, dafs sie alle besser, als die atmosphärische Luft, den Schall fortpflanzen, und dafs ihn jede dieser Materien auf eine eigenthümliche Art verändert. Der Marmor zeichnete sich durch die Schwäche des Schalles aus, der durch ihn hindurchgeht; zwei Stücke desselben von verschiedner Gestalt pflanzten ihn beide auf eine kaum merkliche Art fort.

Da ich meine akustischen Versuche mit *luftförmigen Stoffen* schon früher bekannt gemacht habe, \*\*) so sind hier nur noch die mit *tropfbaren Flüssigkeiten* zu erwähnen. Sie erforderten ein anderes Verfahren.

\*) Dergleichen sind besonders die Versuche mit dem Holzstäben und den gespannten Schnüren.

\*\*) *Mémoires de l'Acad. Roy. de Turin*, t. 3, 1786, 87. Das Resultat derselben findet man in Abhandl. IV. dieses Stücks. d. H.

**Experiment 6.** Ich verwahrte alle Fugen am Gehäuse meiner Uhr mit weichem Wachse, hing sie mittelst eines Fadens Seide an einen Haken auf, der in der Wand befestigt war, so dafs sie in ein 5 Zoll weites und 7 Zoll hohes Glas hinabreichte, ohne doch dasselbe zu berühren, und merkte mir die Art des Tons und die Entfernung, bis auf welche ich den Schlag der Uhr hörte. Darauf gofs ich in das Glas, um die Uhr her, *Wasser*. Dieses änderte die Art des Tons, (*timbre*,) auf eine angenehme Weise, und der Schall wurde dabei so lebhaft fortgepflanzt, dafs es einem vorkam, als würden Glas und Tisch, (der in einiger Entfernung von der Wand stand,) unmittelbar von einem festen Körper geschlagen. Noch mehr gerieth ich aber dadurch in *Verwunderung*, dafs bei allen diesen Bewegungen das Fluidum, in welchem die Uhr hing, vollkommen in Ruhe blieb, und dafs dessen Oberfläche nicht in die mindeste Bewegung gerieth.

Als ich statt des Wassers andre Flüssigkeiten in das Glas gofs, zeigten sich im Ganzen die nämlichen Erscheinungen: Nur modificirte jedes Medium den Schall anders. Er hörte auf bemerkbar zu seyn, in einer Entfernung von der Uhr: in *atmosphärischer Luft* bei 8 Fufs, in *Wasser* bei 20 Fufs, in *Olivnöl* bei 16, in *Terpenthinöl* bei 14 und in *Weingeist* bei 21 Fufs Entfernung von der Uhr. Und nach diesen Entfernungen richtet sich die Intensität, mit welcher der Schall durch die Flüssigkeiten fortgepflanzt wird. Als ich diese Versuche

wiederhohlte, fielen die Entfernungen etwas anders aus, welches entweder im Organ des Gehörs oder in zufälligem Geräusche liegen mochte.

Aus den Versuchen mit tropfbaren Flüssigkeiten folgt: 1. Dafs sie, gleich den festen Körpern, besser als die Luft den Schall durch sich hindurch lassen, und dafs selbst die fetten Oehle hierin keine Ausnahme machen, wie Morhof währte. 2. Dafs jedes Fluidum den Schall auf eine eigenthümliche Art abändert. 3. Wenn die Physiker behaupten, der Schall werde durch die Luft mittelst Schwingungen fortgepflanzt, die nur die Durchsichtigkeit dieses Mittels uns wahrzunehmen verhindert; so wird das durch meine Versuche sehr zweifelhaft, da in den sichtbaren Flüssigkeiten, ungeachtet sie den Schall durch sich hindurch lassen, doch keine Bewegung erfolgt.

Endlich zeigen alle meine Versuche zusammen genommen, dafs jedes Medium, festes sowohl als tropfbar-oder elastisch-flüssiges, die Art des Tons, (*le timbre,*) und die Stärke des Schalles auf eine eigenthümliche Weise abändern; oder, mit andern Worten, *dafs einerlei Schall sich, so oft er durch ein andres Mittel geht, verändert.*

## 2. Die Resonanz musikalischer Instrumente.

Es ist jedermann bekannt, dafs der Schlag einer Uhr viel stärker gehört wird, wenn man sie auf einen Tisch legt, als wenn man sie trägt oder auf-

hängt. Nicht minder kennt man den großen Unterschied in dem Schalle einer Stimmgabel, je nachdem sie im Freien schwingt, oder ihr Stiel an einen festen Körper von großer Oberfläche angedrückt wird. Da die vorigen Versuche mich darauf führten, die Zunahme in der Stärke und den harmonischen Klang in diesen beiden Fällen in der Eigenschaft des Holzes zu suchen, daß es besser als die Luft den Schall fortpflanzte und den Ton desselben abändert; so faßte ich den Entschluß, hierüber eine Reihe von entscheidenden Versuchen anzustellen.

Der so große Unterschied im Vermögen, den Schall fortzupflanzen, den ich beim Holze und beim Marmor wahrgenommen hatte, schien mir vorzüglich geeignet zu seyn, um über diese wichtige Frage Licht zu verbreiten, und ich stellte zu dem Ende folgende Versuche an:

*Experiment 1.* Ich stemmte die schwingende Stimmgabel gegen eine hölzerne Tischplatte, und als sie aufgehört hatte zu tönen, legte ich meine Uhr auf denselben Tisch. Der Schall beider nahm in gleichem Verhältnisse zu. — Darauf legte ich eine Marmorplatte von derselben Größe und Gestalt auf das Fußgestell des Tisches, und brachte die Stimmgabel und die Uhr, gerade wie vorhin, auf diese Platte. Der Klang der erstern wurde verstärkt, doch sehr viel weniger, als bei der Holztafel. Der Schall der Uhr wurde kaum merkbar verstärkt.

Obgleich dieser Versuch meine Vermuthung schon sehr bestätigte, so suchte ich sie doch noch auf andere Art zu prüfen.

*Experiment 2.* Ich legte die Uhr auf den hölzernen Tisch, verstopfte die Ohren mit gekautem Papiere, und näherte mich der Uhr bis auf wenige Linien, ohne daß ich ihren Schlag hätte hören können. Darauf nahm ich einen der Holzstäbe, deren ich mich bei den vorigen Versuchen bedient hatte, setzte das eine Ende desselben an das Ohr, das andere an den Tisch; und sogleich hörte ich den Schlag der Uhr ausnehmend stark. Ich mochte den Stab aufsetzen, an welchen Theil des Tisches ich wollte, selbst an die Füße, immer hörte ich den Schlag deutlich.

Darauf wiederholte ich diesen Versuch auf der marmornen Tischplatte. Der Schlag der Uhr wurde nur sehr undeutlich und unvollkommen gehört, und zwar nur, wenn ich den hölzernen Stab nicht weit von der Uhr aufsetzte. — Mit der Stimmgabel liefs sich dieser Versuch nicht anstellen, weil ich die Ohren nicht fest genug verstopfen konnte, daß ich nicht ihren Ton noch gehört hätte.

Um meine Vermuthung ganz außer Streit zu setzen, hätte ich diese Versuche auf Tischplatten aus allen den Materien, deren ich mich in der ersten Reihe von Versuchen bedient hatte, anstellen müssen, um zu zeigen, daß die Resonanz sich allgemein nach dem Vermögen der Körper, den Schall fortzupflanzen, richtet. Allein die Schwierigkeit

ten, die mir hierbei aufstieffen, bestimmten mich, meine Versuche darauf einzuschränken, ob nicht die Resonanz sich nach Maafsgabe der Verschiedenheit der Körper eben so wohl ändert, als das Vermögen, den Schall hindurch zu lassen.

*Experiment 3.* Ich setzte daher die Stimmgabel hinter einander auf Platten von *irdener Waare, Porzellan und Glas*, auf dünne isolirte *Kupferplatten* und auf *Eisenblech*. Der Schall wurde durch alle diese Körper verstärkt, und die Art des Tons schien bei jedem anders zu seyn.

Ferner setzte ich erst die Stimmgabel und nachher die Uhr auf verschiedene *musikalische Instrumente*, Contrabass, Violine, Mandoline, Guitarre, Harpfichord und Horn. In beiden Fällen wurde der Schall verhältnißmässig verstärkt. Und zwar schien er bei den musikalischen Instrumenten stärker und melodischer, als bei irgend einem der andern Körper zu werden. Die Intension des Tons schien dem Volumen des Instruments proportional zu seyn.

Aus diesen Versuchen folgt: 1. dafs alle feste Körper von ausgebreiteter Oberfläche, mit denen ich Versuche anstellte, den schwachen Schall von tönenden Körpern, die mit ihnen in Berührung sind, verstärken, und jeder den Ton auf eine ihm eigne Weise abändert. 2. Dafs dieses daher rührt, weil feste Körper den Schall im Allgemeinen besser durch sich hindurch lassen, als die Luft, und jeder den Ton auf eine eigenthümliche

Art modificirt. \*\*) 3. Dafs die Resonanz/musikalischer Instrumente vorzüglich auf diesem Grunde beruht, wiewohl auch die Gröfse ihrer Oberfläche dazu beiträgt, sie tönend zu machen. 4. Scheint das Volumen der Körper auf die Eigenschaft der Resonanz Einflufs zu haben.

5. Maupertuis meinte, die Resonanz musikalischer Instrumente, die mit Saiten bespannt sind, rühre daher, weil sich in ihnen Fibern von jeder möglichen Länge befinden, und jeder Ton diejenigen Fibern in Schwingungen setze, welche mit ihm im Einklänge oder in Consonanz sind, indess die andern in Ruhe bleiben. \*) Diesem widerspricht

\*) *Mém. de l'Acad. de Paris, A. 1724.*

\*\*) Auch Herr D. Chladni, und schon viel früher der Professor Winkler in Leipzig, machten dieselbe Bemerkung, und schlielsen daraus, dafs feste Körper, was die Stärke des Schalles betrifft, viel bessere Leiter als die Luft sind, und dafs, ungeachtet diese der gewöhnlichste Leiter des Schalles ist, sie doch unter die schlechtesten Leiter desselben gehört. Durch einen 7 Schuh langen Lindenstab, den er zwischen die Zähne nahm, hörte Winkler den Schlag einer Uhr so laut, als hielte er sie unmittelbar vor die Ohren, und der Schall war zugleich allen vernehmbar, die an ein Brett, auf der sie lag, Stäbe setzten. Ein silberner Vorlegelöffel an einer Schnur zwischen den Zähnen gehalten und angeschlagen, giebt einen wahren Glockenklang.

aber das zweite Experiment, aus welchem erhellet, daß jede Stelle eines Körpers, der Resonanz hat, den Schall hindurch läßt.

6. Da Marmor den Schall in gewissem Grade erstickt, und unter den festen Körpern ungefähr

„Sehr mit Unrecht hat man“, sagt Herr Chladni, „den Schall bisher als eine Bewegung der Luft angesehen. Vielmehr heist Hören nichts anders, als einen Schall, d. i., eine schnelle, zitternde Bewegung eines elastischen Körpers, mittelst der Gehörwerkzeuge empfinden, gleichviel, ob sie durch die Luft oder durch andere flüssige oder feste Körper bis zum Gehörnerven fortgeleitet, und ob sie durch das äußere Ohr oder durch andere Theile des Kopfes mitgetheilt wird.“

Selbst artikulierte Töne werden, nach Winkler's und Chladni's Versuchen, durch feste Körper sehr gut fortgeleitet. Zwei Personen können sich bei verstopften Ohren mit einander unterhalten, wenn beide einen langen Stab oder eine Verbindung mehrerer Stäbe zwischen den Zähnen halten, oder sie an die Zähne anstämmen, besonders am obern Theile der vordern Zähne, damit sie dadurch nicht im Sprechen genirt werden. Auch war es einerlei, ob der Redende den Stab an seine Kehle, oder an seine Brust, oder an ein Gefäß stemmte, in das er hineinredete, wobei die Wirkung desto stärker wurde, je mehrerer Bebung das Gefäß fähig war. An gläsernen und porzellanenen Gefäßen schien Herrn Chladni die Wirkung am



so, wie das Wasserstoffgas unter den flüssigen, auf den Schall wirkt; so ist es nicht rathsam, in Kirchen, Concertsälen, Theatern und andern Gebäu-

stärksten zu seyn; an kupfernen Kesseln, hölzernen Kasten und an Töpfen war sie schwächer. Stäbe von Glas, und nächst ihnen von Tannenholz, leiteten dabei den Schall am besten. Der Hörende konnte den Stab auch an die Schläfe, den Scheitel oder die knorpligen Theile des Ohrs halten, immer wurde der Schall zu den innern Gehörwerkzeugen geleitet. Selbst wenn von beiden ein Faden zwischen den Zähnen etwas straff gehalten wurde, war der Schall noch hörbar. Es wäre wohl der Mühe werth, bemerkt er, ob nicht durch diese Fortleitungsmittel Taubstummen, bei denen bloß das äußere Gehörwerkzeug fehlerhaft, aber der Gehörnerve gut ist, artikulierte und andere Laute könnten vernehmlich gemacht werden. In einem Programm Winkler's: *De ratione audiendi per dentes*, Lips. 1759, und in Büchner's *Abhandlung von einer besondern und leichten Art, Taube hörend zu machen*, Halle 1759, 8, sind mehrere Beispiele angeführt, die dieses sehr wahrscheinlich machen. Schon vor 40 Jahren bewährte es sich an einem Klever Kaufmanne, der sein Gehör fast ganz verloren hatte. Als er zufällig seine irdene Tabakspfeife, die er zwischen den Zähnen hielt, auf den Resonanzboden eines Klaviers legte, hörte er alle Töne desselben aufs vollkommenste, und dadurch geleitet, lernte er sich mit andern mittelst eines Stäbchens von hartem Holze, das er und der Sprechende beide an die Zähne setzten, unterhalten.

den, worin es auf Fortpflanzung des Tons ankommt, viel Marmor anzubringen.

Die Versuche, wovon dieses die vorzüglichsten Resultate sind, haben mich mehrere Jahre beschäftigt, obschon ich sie nicht ganz in der gewünschten Vollständigkeit anstellen konnte.

Man soll besser hören, wenn man den Stab an die vordern Oberzähne nur anlegt, als wenn man ihn zwischen den Zähnen hält; ihn an die Zähne des Unterkiefers allein zu halten, soll nichts helfen, welchem aber Winkler widerspricht. *d. H.*

---

## III.

## BEMERKUNGEN

über

*den Schall und über die akustischen  
Instrumente, bei Gelegenheit des vori-  
gen Aufsatzes,*

von

WILL. NICHOLSON. \*)

Die Physik des Schalles ist noch sehr unvollkommen. Zwar haben die Mathematiker auf das einfache Datum, daß tönende Körper sich in Schwingungen befinden, welche dem umgebenden elastischen Fluido, dessen Dichtigkeit und Elasticität sich messen läßt, mitgetheilt werden, ganze Theorien des Schalles gebaut. Allein Perolle's Versuche zeigen, daß es dabei auf viel mehr als auf dieses ankommt. Vielleicht, daß folgende Fragen und Bemerkungen für den Physiker nicht ganz ohne Nutzen sind.

1. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft mit einer gewissen wellenförmigen Bewegung der Luft verbunden ist, und daß tönende Körper durch einen Schlag in Schwingungen gesetzt werden. Die Beweise dafür sind so zahlreich, daß es überflüssig seyn würde, sie hier aufzuzählen.

\*) *Journal of Natural Philos. etc. by Nicholson,*  
No. IX, 1797.

Der Schall, der durch Fluida fortgepflanzt wird, scheint im Verhältnisse der Entfernungen abzunehmen, \*) und wahrscheinlich ist bei festen Körpern derselbe Fall. Seine Intension muß zugleich von der Dichtigkeit und der Elasticität des Mittels abhängen. Der auflauernde Soldat legt sich an die Erde, um entfernte Fußstritte zu hören; und Franklin versichert, den Schall zweier Steine, die auf einander geworfen wurden, fast eine englische Meile weit, eben so scharf und deutlich gehört zu haben, als geschähe das dicht vorm Ohre. \*\*) Die Geschwindigkeit, womit sich der Schall durch feste Körper fortpflanzt, ist noch völlig unbekannt. \*\*\*)

\*) Im einfachen oder im doppelten? Gewöhnlich wird das letztere, obschon nicht aus Versuchen, sondern aus der Theorie gelehrt. d. H.

\*\*) Franklin's *Experiments and Observations*, Lond. 1774, p. 445.

\*\*\*) Herr D. Chladni, dem wir unter allen neuern Physikern die meisten Entdeckungen über den Schall verdanken, ist, so viel ich weiß, der Erste, der die Geschwindigkeit, womit der Schall durch verschiedne feste Körper fortgeleitet wird, bestimmt hat, und zwar mit einem großen Grade von Wahrscheinlichkeit, (im Voigtschen Magazine für den neuesten Zustand der Naturkunde, B. I, S. 1.) Er geht dabei von zwei Sätzen aus. Erstens, daß die Fortpflanzung des Schalles, in der Luft sowohl als in festen Körpern, durch Longitudinal-Schwingungen geschieht, indem eine Strecke von Luft

2. Der Schall pflanzt sich durch die Luft mit einer Geschwindigkeit von 1142 englischen Füssen in

oder von irgend einer andern Art von Materie, durch die Stöße des schallenden Körpers genöthigt wird, sich zusammenzuziehen und wieder auszu dehnen. *Zweitens*, daß der Schall, wie Euler, Bernoulli und Lambert in ihren Untersuchungen über Orgel- und Flötentöne, und auch der Graf Giordano Riccati in seinem Werke: *delle corde ovvero fibre elastiche*, Bol. 1767, q. Sched. V, §. 3, und Sched. VIII, dist. 1, erwiesen haben, durch einen mit Luft erfüllten Raum von gegebener Länge in eben der Zeit geht, in welcher eine eben so lange Luftsäule, die in einer an beiden Seiten offenen Pfeife enthalten ist, eine Schwingung macht; ein Satz, den auch schon Newton in seinen *Princ. phil. nat.*, l. II, prop. 50, schol., nur anders ausgedrückt, aufstellte. „Die Principien,“ sagt Herr D. Chladni, „worauf dieser Satz beruht, scheinen allgemein genug zu seyn, um ihn auch auf feste Körper anzuwenden, und, wenigstens mit der größten Wahrscheinlichkeit, anzunehmen: daß durch einen jeden Körper der Schall in eben der Zeit gehe, in welcher dieser Körper, wenn er ganz frei schwingt, eine Longitudinal - Schwingung macht.“ Versuchen und Berechnungen zufolge geschehn z. B. in einer offenen Pfeife von 10 Fuß Länge, (und in einer gedeckten von 5 Fuß,) ungefähr 100 Schwingungen in einer Sekunde; folglich müßte der Schall, diesem Satze gemäß, in einer Sekunde einen Luftraum von 10 . 100, d. i., von 1000 Fuß durchlaufen. Daß die Geschwindigkeit des Schalles ein wenig größer, näm-

einer Sekunde fort, und die Geschwindigkeit des stärksten Windes beträgt nicht völlig 90 Fufs.

lich von 1040 pariser Fufs ist, widerspricht dem Satze nicht, da die Luftsäule, welche beim Tönen einer Pfeife zittert, immer ein wenig länger als die Pfeife selbst ist, wie Graf Riccati, Sched. V, beweist, und wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Hand nahe an die Oeffnung einer Pfeife halt, wo man die zitternde Bewegung der Luft stark empfindet.

Gilt dieser Satz allgemein, so müssen feste Körper den Schall in eben dem Verhältnisse schneller fortleiten, in welchem der Ton, den sie bei gleicher Länge und gleicher Art von Longitudinal-Schwingung geben, höher ist. Nun sind

die Töne in Stäben, die mit einer offenen Pfeife gleiche Länge haben, höher als die Töne der Luftsäule in der Röhre,		Mithin wäre die Geschwindigkeit, womit der Schall durch diese Materien fortgepflanzt würde, in 1 Sekunde
bei	um Octaven	von ungefähr
Zinn,	2 u. 1 Septime	7800 pariser Fufs
Silber,	3 u. 1 ganz. Ton	9300 — —
Kupfer,	3 u. 1 Quinte	12500 — —
Eisen u. Glas,	4 u. 1 halb. Ton	17500 — —

Die Hölzer, welche Herr D. Chladni untersucht hat, würden den Schall mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 11000 bis beinahe 18000, und gebrannter Pfeifenton mit einer Geschwindigkeit von 10000 bis 12000 pariser Fufs fortleiten.

Die angegebene Zahl von Schwingungen in einer gedeckten 5 Fufs langen Orgelpfeife beruht auf einem scharfsinnigen Versuche des Kapellmei-

Man sollte hieraus vermuthen, daß die Geschwindigkeit des Schalles bei günstigem und bei entgegen wehendem Winde verschieden, die Intensität in beiden Fällen aber ziemlich gleich seyn werde. Allein die Erfahrung lehrt gerade das Gegentheil. Hieraus und aus andern Umständen glaubten einige Physiker schliessen zu müssen, nicht die Luft, sondern ein anderes viel feineres Fluidum, sey das Mittel, welches den Schall fortpflanzt.

sters Sarti zu Petersburg, der von zwei solchen Pfeifen, die im vollkommensten Unifono waren, die eine mit einem Schieber verkürzte, und dadurch ihren Ton erhöhte. So oft beide Schwingungen zusammentrafen, hörte man eine Art von trommelartigem Schlage, und diese folgten daher um so langsamer auf einander, je kleiner das Intervall der beiden Pfeifentöne war. Als sie genau um eine Sekunde aus einander lagen, verhielten sich die Schwingungen der beiden Orgelpfeifen zu einander wie 100 : 99, so daß dann also der höchste der beiden Töne in 1 Sekunde 100 Schwingungen machte. Verglichen mit diesem Tone kamen auf das eingestrichne A 436 Schwingungen in einer Sekunde.

Mit Hülfe des zweiten Satzes läßt sich umgekehrt die Zahl der Luftschwingungen in einer Pfeife aus der beobachteten Geschwindigkeit des Schalles in freier Luft, berechnen. Man findet sie, indem man die Geschwindigkeit mit der Länge der Pfeife dividirt, und so kamen 104 Schwingungen auf eine 10füßige offene Pfeife.

d. H.

5. Der Schall scheint des Nachts von größerer Intensität als den Tag über zu seyn, und wird weiter gehört. In einer stillen Nacht hört man von der Westminster Brücke aus die Stimmen der Arbeitsleute in der 5 englische Meilen entlegenen Distillirfabrik zu Battersea. Das Schreien der Schildwachen zu Portsmouth hört man 4 bis 5 englische Meilen weit zu Ride in der Insel Wight, und solche Beispiele, wo ein schwacher Schall in noch größerer Entfernung gehört worden ist, werden sehr viele erzählt; stärkern Schalles zu geschweigen. Es würde für die Praxis nicht unwichtig seyn, auszumachen, ob dieser Unterschied im verschiedenen Zustande der Luft, oder im schärfern Gehör bei Nacht, oder darin liegt, daß das gewöhnliche Geräusch des Tages ruht. Einige sorgfältige Beobachtungen, die ich über den Schlag einer Uhr bei Nacht, und über die Verschiedenheit in der Dauer dieses Schalles, wenn es ganz still war und wenn ein Wagen vorbeifuhr, angestellt habe, haben mich völlig überzeugt, daß dieser Unterschied bloß durch die größere oder mindere Stille bewirkt wird, und daß, wenn ein anderes Geräusch auf das Gehör wirkt, kein willkürliches Anstrengen oder Aufmerken einen nahen Ton um vieles hörbarer machen kann. Das Ohr ist in diesem Falle in derselben Lage wie das Auge, welches am Tage keine Sterne, oder hinter der Lichtflamme keine Gegenstände wahrnehmen kann.



4. Man würde bei Tage optische Instrumente nicht brauchen können, wenn man nicht die Strahlen von andern Gegenständen, aufser den zu betrachtenden, vom Auge abhielte. Gerade so, scheint es, ist für die Verbesserung unserer *akustischen Instrumente* wenig Hoffnung, wenn man nicht ein Mittel erfindet, den fremden, störenden Schall vom Ohre abzuhalten.

Zahlreiche Versuche thun dar, das der Schall zurückgeworfen wird, und das er nach Beschaffenheit der zurückwerfenden Körper einen stärkern oder schwächern Eindruck auf das Ohr macht. Optische Instrumente setzt man in geschwärzte Röhren, die so lang sind, das nur die Lichtstrahlen, die aus einem kleinen Gesichtsfelde herkommen, geradezu in das Auge gelangen; alle andere stossen gegen die geschwärzte Röhre, und werden nach einer oder ein Paar Reflexionen gänzlich verschluckt. In wie fern eine ähnliche Wirkung sich beim Schalle hervorbringen läst, das muß noch erst durch Erfahrungen und Schlüsse ausgemacht werden. Zwei englische Meilen von London entfernt, horchte ich durch eine hölzerne 8 Fufs lange und 3 Zoll weite, cylindrische Röhre, auf das Geräusch, welches von der Hauptstadt kam. Ich glaube mich durch keine vorgefasste Meinung getäuscht zu haben, wenn ich das Rollen und Schlagen der Räder auf dem Pflaster deutlich, und sehr viel stärker als irgend ein anderes Getön hörte. Nähern Schall, der nicht in der Richtung der Röhre lag, hörte ich schwächer, einem musi-

kalischen Tone gleich, welches wahrscheinlich von seinem öftern Zurückwerfen unter demselben Winkel, unter dem er in der Röhre aufgefallen war, herrührte. Nur in so fern setze ich auf diesen Versuch einigen Werth, als er darauf zu deuten scheint, daß ein Tuchbeschlag in akustischen Instrumenten den schädlichen Schall, der nicht aus der Richtung der Achse herkommt, abhalten möchte, indess das Instrument diese Töne verstärkt und hörbar macht.

5. Perolle zieht am Ende der ersten Abtheilung daraus, daß bei seinen interessanten Versuchen mit der Uhr, Wasser und andere Flüssigkeiten in keine sichtbare Bewegung geriethen, den Schluß, daß das Medium, welches den Schall tönender Körper fortpflanzt, dabei schwerlich in schwingender Bewegung sey. Hier scheint er aber die außerordentliche Kleinheit und Schnelligkeit der Schwingungen, die Schall erregen sollen, übersehn zu haben, die wahrscheinlich nur in dem einfachsten Falle und bei der größten Stärke sichtbar werden. Die Saiten musikalischer Instrumente tönen noch lange, wenn ihre Schwingungen schon nicht mehr sichtbar sind. \*)

6. Bei dem, was Perolle am Ende der zweiten Abtheilung gegen Maupertuis Theorie erin-

\*) Chladni's Klangfiguren scheinen dem englischen Physiker noch unbekannt zu seyn; sonst würde er sie hier als ein noch mehr in die Augen fallendes Beispiel erwähnt haben.

nert, nach welcher tönende und resonirende Körper sich selbst so eintheilen, daß sie in verschiednen Theilen auf verschiedne Art schwingen, muß man erwägen, daß solche Körper in zwiefacher Hinsicht zu betrachten sind. *Einmahl* mögen sie, als Medium des Schalles, jeden Schall ohne Unterschied fortleiten und durch sich hindurch lassen. *Zweitens* scheint ihre Gestalt und ihr Gewebe so einfach zu seyn, daß sie nur sehr wenige Töne zugleich hervorbringen; und ist das der Fall, so giebt, wie ich glaube, das Ganze einen musikalischen Ton. Denn mir ist ein *musikalischer Ton* nichts anderes als ein einzelner einfacher Schall, oder der Zusammenklang mehrerer einfacher, die zusammen stimmen, (consoniren;) ein *Geräusch* hingegen das Zusammenschallen mehrerer, die nicht zusammenstimmen, (nicht consoniren.)\*) Drückt man z. B. auf der Orgel eine Menge an einander liegender Claves herunter, so entsteht dadurch ein Geräusch, welches nichts weniger als musikalisch ist, und man erstaunt, wie aus dem Zusammenschallen so melodischer Pfeifen ein so widriger und beleidigender Ton entstehn kann. *Drittens* mögen solche Körper den Schall eines andern einfachen Körpers,

\*) Vielmehr beruht der Unterschied von musalischem Ton und Geräusch wohl darauf, daß die Schwingungen, wodurch sie hörbar werden, bei erstern gleichzeitig sind, nicht aber bei dem letztern.

wie z. B. den einer Saite, die mit ihnen in Berührung ist, entweder unterstützen oder hindern. Ist das erstere der Fall, und unterstützen sie den Ton, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Wirkung so geschieht, wie Maupertuis glaubte. Denn es ist bekannt, daß bei der einzelnen Saite, welche die Trömpeter-Noten, (*trumpet - notes*,) angiebt, und die deshalb die Seetrompete, (*trumpet - marine*,) genannt wird, eine solche Eintheilung vor sich geht, dergleichen Maupertuis annimmt. Eben so in Glocken, welche nicht bloß mehrere deutlich zu unterscheidende Töne von verschiedner Höhe zugleich angeben, sondern auch in einer gewissen Ausdehnung dieses System von Tönen ändern, je nachdem die Ebene des Schlags verändert wird. Dagegen werden die, die sich so viel Mühe geben, die Stelle der Stimme, (*sound post*,) auszuprobiren, es viel wahrscheinlicher finden, daß die Resonanz, welche durch die Lage der Stimme so stark abgeändert wird, auf dem ganzen Instrumente, und nicht so sehr auf dessen Theilen, als Leitern des Schalles, beruht.

7. Die Gestalt des äußern Ohrs, welches aus einer Menge von Höhlungen und dazwischen liegenden Erhebungen oder Brücken besteht, ist, so viel ich weiß, noch nie genauer untersucht und erklärt worden. Bei der Katze und andern Thieren scheint dieser Theil besonders zusammengelezt zu seyn. Wenn der Schall, oder die wellenartige Bewegung der Luft, durch diesen Apparat modificirt und in

das Ohr geführt ist, so trifft er auf die ausgespannte Haut, welche man das Trommelfell nennt. Diese sowohl, als die übrigen häutigen Theile des innern Ohrs, scheinen augenscheinlich dazu eingerichtet zu seyn, daß sie, wenn der Schall auf sie wirkt, in Schwingungen gerathen, und zwar höchst wahrscheinlich nach der Art, wie musikalische Saiten mittönen, wenn eine benachbarte consonirende ertönt.

Diese Thatfache und die ganze Bildung des Ohrs veranlassen mich zu einer Frage, die für den Bau der akustischen Instrumente nicht unwichtig ist, ob nämlich nicht, unter gegebenen Umständen, der Schall eines bestimmten entferntern Körpers so stark gehört werde, als der Ton eines viel nähern, der vermöge der Consonanz mit einem andern tönenden Körper in Schwingungen geräth. Es sey zum Beispiel von zwei Saiten *A*, *B*, die im Einklange sind, die eine *A* 10 Fufs, die andre *B* 1 Zoll weit vom Ohre entfernt, so ist die Frage, ob nicht, wenn *A* ertönt, der dadurch bewirkte Mitklang der Saite *B* stärker wahrgenommen werde, als der Hauptton der Saite *A*. Ich lasse mich hier nicht auf Entwicklung der Umstände ein, bei welchen, der Theorie nach, jener oder dieser Ton am stärksten gehört werden müßte, sondern bemerke nur, daß der Einfluss des Schalles auf das Ohr häufig viel weiter geht, als wir selbst wahrzunehmen vermögen. Ich bemerkte einstens in einer Stube, welche auf die Strafe herausging, an den Fenstern

eine zitternde Bewegung, welche ein beträchtlicher Schall begleitete. Darauf wurde es eine Sekunde lang ruhig, dann aber folgten wieder drei oder vier solche kurze, deutliche Töne, und so abwechselnd, mit immer zunehmender Stärke des Schalles. Dieses dauerte ungefähr eine Viertelstunde lang, als endlich das Herannahen eines Tambourins, (eines mit Pergament bespannten Reifens, über das man den Finger fortschiebt,) mich belehrte, das das Zittern und Tönen der Fenster durch die Schwingungen dieses Instruments veranlaßt wurden.

Hieraus scheint zu erhellen, daß der zweckmässigste Bau eines Instruments, welches den Schall auffangen und verstärken soll, nicht bloß einen äußern Theil erfordert, der fremdartige Töne abhält, und zurückwerfende Flächen, welche die unmittelbaren Schwingungen der Luft modificiren und verstärken; sondern auch eine Art von Trommelfell, welches sich mehr oder weniger spannen läßt, auf das jene Theile den Schall werfen, und von dem er durch ein Vorderstück in das Ohr geleitet werde. \*) Ist die Wissenschaft, den Schall aufzufangen und zu verstärken, einmahl erst so weit gediehen, so wird es wahrscheinlich gar keine Schwierigkeit haben, auch die Sprachröhre auf eine zweckmässigere Art einzurichten.

\*) Also ein künstliches Ohr; eine Idee, die in Deutschland schon ausgeführt wird. d. H.

---

## IV.

## PEROLLE'S BEMERKUNGEN

zu Chladni's Versuchen über die Töne  
einer Pfeife in verschiedenen Gasarten;  
mit einigen Gegenbemerkungen  
und Zusätzen.

Nach den sorgfältigen Versuchen, die Herr Dr. Chladni \*) in Verbindung mit Herrn Jacquin dem Jüngern in Wien über die Töne einer Pfeife in verschiedenen Gasarten angestellt hatte, \*\*) tönte Sauerstoffgas über einen halben, oder beina-

\*) Voigt's Magazin, I. B., 3. St., S. 65 — 79.

\*\*) Sie befestigten eine offene zinnerne Orgelpfeife, (worin die Länge der schwingenden Luftsäule, von der Ritze, wo die eingeblasene Luft ausgeht, bis zu dem Ende, etwa 6 Zoll betrug,) an diesem Ende an den mit einem Hahne versehenen Hals einer gläsernen Glocke, an den sich zugleich eine Blase, die auch einen Hahn hatte, anschrauben ließ. Glocke und Blase wurden auf die gewöhnliche Art mit der Gasart gefüllt, und dann durch sanftes Zusammendrücken der Blase die Pfeife angeblasen, wobei aber alle Vorsicht nöthig war, damit die Pfeife nicht statt ihres Grundtons einen von ihren höhern Tönen gab. Die Temperatur war die an kühlen Frühlingstagen gewöhnliche. Zwei Saiten, welche mit dem Pfeifentone der atmosphärischen Luft im Einklange gestimmt waren, gaben bei jeder andern Gasart den Vergleichungston an. d. H.

he einen ganzen Ton tiefer, *kohlensaures Gas* fast um eine große Terz, und *Salpetergas* um einen halben Ton tiefer als die atmosphärische Luft, welches der Theorie, nach der die Töne sich umkehrt wie die Quadratwurzeln der specifischen Gewichte dieser Gasarten verhalten sollten, fast ganz entsprach. \*) Dagegen tönte das *Wasserstoffgas*, das man aus Zink und Salzsäure bereitet hatte, nur eine Octave und einen Ton, dasjenige aber, das man durch Zersetzung des Wassers in einer glühenden Röhre erhalten, eine Octave und eine kleine Terz höher, als die atmosphärische Luft, indess, nach dieser Theorie, das Wasserstoffgas um eine Octave und eine große Terz hätte höher als die atmosphärische Luft klingen müssen. Auch das *Stickgas* wich von der Theorie merklich ab, und tönte, statt etwas höher als atmosphärische Luft zu klingen, um einen halben Ton tiefer, und dieses fand zwar gleichförmig bei Stickgas, das man auf drei verschiedene Arten entwickelt hatte, statt.

Die Abweichung des Wasserstoffgas liesse sich vielleicht noch aus der großen Verschiedenheit seiner Güte mit Hinsicht auf andre beigemengte Gasarten und fremde Dämpfe erklären, vielleicht auch

\*) Im Vergleiche mit dem Gewichte der atmosphärischen Luft, als Einheit, ist das specifische Gewicht des Sauerstoffgas 1,103, des kohlensauren Gas 1,51, des Salpetergas 1,195, des Wasserstoffgas 0,084, und des Stickgas 0,985. Doch ist zu bemerken, daß



so die Abweichung beim Stickgas, wodurch sich dieses auf mehrfache Art, z. B. durch seine Ausdehnung bei größern Wärmegraden nach den Pronyschen \*) Versuchen, vor allen andern Gasarten auszeichnet. Doch scheint man in der That hierdurch berechtigt zu seyn, mit Hrn. D. Chladni zu schliessen, daß die Geschwindigkeit der Schwingungen einer ausdehnbar flüssigen Materie, sich aus den bisher angenommenen mechanischen Principien allein, nicht bestimmen läßt, sondern daß sie ausserdem noch von andern Eigenschaften derselben abhängt.

Diese Versuche lernte Perolle aus einer kurzen Notiz im *Bulletin des sciences* \*\*) und dem *Journal de Physique* \*\*\*) kennen; und im V. Theile, S. 455, dieser letztern Zeitschrift findet sich ein Brief von ihm an Delamétherie, worin er diese Versuche angreift. Und zwar zuerst die in jenen französischen Zeitschriften mitgetheilte Nachricht, daß ein Gemisch aus Stickgas und Sauerstoffgas, nach andern Verhältnissen als in der atmosphärischen Luft, einen von dieser völlig verschiedenen Ton

diese Angaben für die specifischen Gewichte der Gasarten nicht von den untersuchten hergenommen, sondern aus den gewöhnlichen Angaben entlehnt wurden.

A.

\*) *Journal polytechnique*, IV. Cahier.

\*\*) Pluviose, an 6.

\*\*\*) *Méssidor* 1, an 6.

angebe, welche freilich nur auf einem Irrthume der französischen Journale beruhte; denn Chladni fand im Gegentheile, [dass der Ton einer Mischung aus beiden Gasarten sich nicht merklich änderte, als anfangs nur  $\frac{1}{4}$ , nachmals aber über  $\frac{1}{3}$  Sauerstoffgas in der Mischung war. Dagegen zeigte sich der merkwürdige Umstand, dass der Ton dieser Mischung völlig der Ton der atmosphärischen Luft, und folglich höher war, als in jeder der beiden Gasarten einzeln; ein Umstand, der Herrn Chladni mit dem in Verbindung zu stehn scheint, dass sich der Schall durch die atmosphärische Luft schneller fortpflanzt, als er es nach der Theorie sollte. \*)

Gegen die übrigen Versuche führt Perolle nicht sowohl Gegenversuche, unter gleichen Umständen angestellt, an, als vielmehr Priestley's \*\*) und seine eignen \*\*\*) Versuche über den Ton klingender Körper in verschiedenen Gasarten, auf die er

\*) Herr Chladni führt dabei einen Versuch des Prof. Döttler in Wien an, der, wenn er sich bestätigen sollte, von Wichtigkeit seyn würde. Atmosphärische Luft in einer 6 Fufs langen und  $1\frac{1}{2}$  Z. weiten, wohlverschlossenen Röhre über ein Jahr lang in völliger Ruhe aufgehoben, hatte sich nach der specifischen Schwere ihrer beiden Bestandtheile geschieden, indem ein hineingetauchtes Licht oben verlöschte, unten aber stärker brannte. d. H.

\*\*) *Observ. et exper. sur différentes branches de la Physique*, III. T., p. 355.

\*\*\*) *Recueil de l'acad. des sciences de Turin*, ann. 1786 et 1787.

sich schon in den vorigen Aufsätzen einigemahl be-  
rief. Er füllte mit diesen Gasarten gläserne Reci-  
pienten, in denen er Glocken durch ein Uhrwerk  
schlagen liefs, und folgendes waren die Resultate  
dieser Versuche:

Gasarten.	Der Ton in den- selben schien	Beschaffen- heit d. Klangs	Abstand von der Glocke, in welcher d. Ton aufhör- te gehört zu werden.	
Atmosphärische Luft, mit der die übrigen vergli- chen werden.	— — —	— —	Fufs 56	Zoll 9
Kohlenfaures Gas	etwas tiefer	merklich dampfer *)	48	5
Sauerstoffgas	etwas schnei- dender	heller.	63	—
Salpetergas	dem vorigen ähnlich	eben so	63	—
	war nicht gut zu unterschei- den, und ähnli- cher einem schwachen Ge- räusche als ei- nem bestimm- ten Tone	ohne An- nehmlich- keit und oh- ne Kraft	11	—
Wasserstoffgas				

\*) Priestley'n schien der Ton in dieser Gasart stär-  
ker als in der atmosphärischen Luft zu seyn. Dafs  
der Ton tiefer wurde, erklärt Herr D. Chladni  
sich daraus, dafs die Schwingungen eines Körpers,  
wenn das umgebende Medium dichter wird, wahr-  
scheinlich an Geschwindigkeit abnehmen; daher die

„Wie kann nun“, fragt Perolle, „ein Fluidum, das in der Flöte den Ton um 9 Töne steigert, ohne merkliche Wirkung auf den Ton eines klingenden Körpers seyn? Die neuen Versuche stehen daher sowohl mit den Priestleyschen als mit den meinen im Widerspruche.“

Ich würde darauf antworten, dafs dieser Widerspruch bei etwas genauerer Betrachtung völlig verschwinde. Bekanntlich werden die Höhe und Tiefe des Tons eines klingenden Körpers lediglich durch die Geschwindigkeit seiner Schwingungen bestimmt. Die umgebende Flüssigkeit nimmt nur die empfangene Zahl von Eindrücken auf, und bestimmt zum Theil durch ihre Dichtigkeit die Stärke und Schwäche, nicht die Höhe des Tons. Bey Blasinstrumenten hingegen, wo die Luft in der Pfeife selbst der tönende Körper ist, und durch ihre Schwingungen den Ton bestimmt, wird auch die Dichtigkeit der Luft, bei gleicher Länge der Luftsäule, die Höhe und Tiefe des Tons bestimmen. Perolle's Versuche konnten daher nur die Stärke und Schwäche des Tons in den verschiedenen Gasarten bestimmen, die Chladnischen hingegen belehren uns über die Höhe und Tiefe des Tons der Gasarten.\*)

Töne in der Atmosphäre tiefer, als im luftleeren Räume, und noch tiefer im Wasser seyn müssen. Stickgas ist weder von Priestley noch von Perolle untersucht worden. d. H.

\*) In der Nachricht, welche Herr Dr. Chladni von seinen Versuchen im Voigtschen Magazin für

Durch eine Verstümmelung der Nachricht in den französischen Zeitschriften schien es, als wenn die Physiker so unbestimmt in Rücksicht der Tonangabe gewesen wären, daß sie den Ton des Wasserstoffgas zwischen einer Octave und einer Octave und kleinen Terz angegeben hätten. Perolle benutzt dies, um die ganze Versuchsreihe wegen Mangel an Genauigkeit in Zweifel zu ziehen; das Mißverständniß löst sich aber bald auf, wenn man hinzu-

den neuesten Zustand der Naturkunde etc., Bd. 1, St. 3, giebt, macht er schon auf diese wesentliche Verschiedenheit seiner Versuche von denen Priestley's und Perolle's aufmerksam. „Die Versuche dieser beiden Naturforscher“, sagt er, S. 17, „betreffen nur die Intensität, mit welcher die Schwingungen eines andern elastischen Körpers, (einer angeschlagenen Glocke,) durch diese Gasarten fortgeleitet werden, und auch diese Leitungsfähigkeiten verhalten sich nicht völlig wie die Dichtigkeiten der Gasarten. Bei meinen Versuchen war die Absicht, die Geschwindigkeit der Schwingungen, (nicht die Stärke des Klanges,) zu untersuchen, und dabei erinnere ich mich nicht, eine beträchtliche Verschiedenheit der Stärke bemerkt zu haben, außer daß beim Wasserstoffgas der Klang schwächer, und beim Salpetergas am schwächsten und unvollkommensten war.“ Noch muß ich hier hinzufügen, daß wir ein ausführliches Werk Perolle's unter dem Titel: *Recherches sur la propagation du son dans divers milieux, tant solides que fluides*, zu erwarten haben, welches binnen kurzem der Presse übergeben werden soll.

d. H.

fügt, daß die beiden Physiker aus Vorsicht drei verschiedene Sorten \*) Wasserstoffgas versuchten.

Bei dem durch Eisen und Schwefelsäure erhaltenen, betrug der Unterschied des Tons von dem durch atmosphärische Luft etwas über eine Octave; bei dem durch Zink und Salzsäure eine Octave und einen ganzen Ton; endlich bei dem durch Zersetzung der Wasserdämpfe in glühenden Röhren eine Octave und eine kleine Terz. Diese Unterschiede erregen immer eine Hoffnung, deren Erfüllung nicht sehr schwierig zu seyn scheint. Wir könnten nämlich dem gemäß *jetzt, für feinere Untersuchungen, die Güte des Wasserstoffgas, was bisher fast unmöglich war, messen, und zwar in einem, dem Chladnischen ähnlichen Flötenapparate (Hydrogenometer) durch die Höhe des angegebenen Tons. Vielleicht, daß auch ein brauchbares Eudiometer und Manometer für luftförmige Flüssigkeiten sich darnach einrichten ließen.*

Eine sehr auffallende Bestätigung jener Versuche findet man in einem zufälligen Versuche Maignon's. \*\*) Dieser athmete einft bei Paul in Genf Wasserstoffgas aus Scherz ein, und empfand keine Unbequemlichkeit. Als er aber sprechen wollte, hatte seine Stimme einen so grellen Ton, (*grêle et flûté*), daß er erschrak. Paul wiederholte den Versuch mit demselben Erfolge.

\*) Voigt's Magazin, S. 74.

\*\*) Bibl. britannique, No. 79. 80, pag. 347.

## V.

*Ueber die kalten Winde, welche aus der  
Erde dringen,*

von

Herrn von SAUSSÜRE;

*nebst Bemerkungen*

von

WILL. NICHOLSON. \*)

In dem fünften Theile der *Voyages dans les Alpes par M. de SAUSSÜRE*, der erst vor ein paar Jahren erschienen, und noch unübersetzt ist, erzählt der Verfasser, S. 342 u. f., seine Versuche, durch die er fand, daß das Wasser auf dem Grunde der Alpen-Seen mehr kalt, als gemälsigt ist, indem es auf dem Boden die Temperatur von  $4^{\circ}$  Reaumur hatte, während sie auf der Oberfläche  $15^{\circ}$  betrug; dahingegen im Meerbusen von Genua, nahe am Lande, die Temperatur des Wassers in einer Tiefe von 886 und von 1800 Fuß mehr als gemälsigt, nämlich  $10^{\circ},6$  war; während die Wärme der Oberfläche nur auf  $16\frac{1}{2}^{\circ}$  stieg. Dann schreitet er zu Bemerkungen über eine Erscheinung, die wahrscheinlich von derselben Natur ist; nämlich über die unterirdischen Höhlungen, aus denen Winde hervordringen, die kälter sind, als die mittlere

\*) Aus dessen *Journal of Nat. Philos. etc.*, No. 5, 1797.

Temperatur der Erde. Die erstere Erscheinung, die der Verfasser für sehr schwer zu erklären hält, scheint in der That auf der Eigenschaft der flüssigen Körper zu beruhen, daß sie fast Nichtleiter der Wärme sind, welche Graf Rumford in seinem siebenten Versuche zuerst, und bis jetzt noch allein, in ihr gehöriges Licht gesetzt hat. Die Erklärung der andern Erscheinung hält Sauffüre für leichter. Ich werde hier in einer getreuen Uebersetzung die Thatfachen selbst wieder erzählen, den Hauptinhalt seines Râsonnements angeben, und die Bemerkungen, die sich mir dabei aufgedrungen haben, hinzufügen.

Sauffüre beginnt seine Erzählung mit den Höhlen des *Monte Testaceo*, unweit Rom, welche die ersten waren, die die Aufmerksamkeit eines genauen Beobachters fesselten. Nollet beobachtete sie auf seinen Reisen in Italien, \*) und fand den 9ten September 1749 des Nachmittags ihre Temperatur  $9\frac{1}{2}^{\circ}$ , während das Thermometer in der freien Luft auf  $18^{\circ}$  stand, und bemerkt mit Recht, daß ihre Kühle um desto wunderbarer ist, da sie nicht tief sind, ihr Eingang kaum etwas Fall hat, und die Sonne den größten Theil des Tages auf die Thüre des Eingangs scheint.

Sauffüre fand sie noch kühler, als Nollet, ob er sie gleich bei heißerm Wetter besuchte, wo-

\*) *Mém. de l'Acad. des Sciences*, 1749, p. 486.



von man die Ursache aus der Erklärung der Erscheinung abnehmen wird. Den 1ten Jul. 1773 war die Temperatur der äußern Luft im Schatten  $20\frac{1}{2}^{\circ}$ , die der einen Höhle  $8^{\circ}$ , der andern  $5\frac{2}{3}^{\circ}$ , und der dritten  $5\frac{1}{4}^{\circ}$ . Diese Höhlen befinden sich an der Seite des Berges, und nehmen fast seinen ganzen Umfang ein. Sauffüre befah die an der Abendseite. Die Wände haben auf dem Boden Zuglöcher, durch welche die kalte Luft hineintritt.

Die Luft selbst dringt durch die Zwischenräume der Scherben von zerbrochnen Urnen und andern thönernen Gefäßen, aus welchen dieser kleine Berg ganz zusammengesetzt zu seyn scheint. Er bestieg dessen Gipfel, der ungefähr 200 oder 300 Fuß hoch ist, und erblickte überall dergleichen Scherben, die, nach seiner Meinung, gewiss ehemals auf obrigkeitlichen Befehl hier sind zusammengetragen worden. Die Obrigkeit sucht gegenwärtig diese Höhlen im Stande zu erhalten, weil sie von großem Nutzen sind. Aus Furcht, ihre Beschaffenheit könnte dadurch verändert werden, ist alles Graben, ja sogar das Beackern des Bodens, in der Nähe dieses kleinen Berges verboten. Es ist wirklich ein sehr sonderbares Phänomen, daß in der Mitte einer Gegend, deren Luft im Sommer so heiß und erstickend ist, ein kleiner abgeonderter Hügel steht, aus dessen Fuß ringsherum außerordentlich kühle Luftströme hervorgehn.

Nicht weniger fällt es auf, in einer noch südlicher liegenden Insel, die so ganz vulkanisch und

voll heißer Quellen ist, wie *Ischia*, eben solche kalte unterirdische Winde! als die hier beschriebenen zu finden, und wie Sir William Hamilton unserm Verfasser versicherte, giebt es auch eine ähnliche Grotte zu *Ottaiano* am Fusse des Vesuvius. Man hat dort selbst für diese Grotten einen eignen Namen; sie heißen *Ventaroles*, (Wetterhähne.) Die Grotte auf *Ischia* wird *Ventarola della Funera* genannt. Sie befindet sich unter einer kleinen, dem heiligen Antonius geweihten Kapelle, die selbst wieder unter der Casa Monella steht. Den 9ten März 1773 stand das Thermometer in der freien Luft auf  $14^{\circ}$ , und das, welches Sauffüre auf den Boden der Grotte stellte, auf  $6^{\circ}$ , und man versicherte ihm, daß es während der größten Hitze im Sommer noch tiefer sieler.

Die kalten *Höhlen von St. Marino* liegen am Fusse eines Hügels von Sandstein, auf welchen die Hauptstadt dieser kleinen Republik gebaut ist. Den 9ten Jul. 1773 stand um 3 Uhr des Nachmittags das Thermometer in der freien Luft auf  $13^{\circ}$ , und in den Höhlen auf  $6^{\circ}$ . Der Boden dieser Höhlen liegt ungefähr 320 oder 330 Toisen über der Meeresfläche.

Die *Höhlen von Cesi* befinden sich in der Stadt gleiches Namens, welche im Kirchenstaate, 6 Stunden nördlich von Terni, liegt. Die, welche Sauffüre in Augenschein nahm, befand sich in dem Hause des Don Giuseppe Cesi. Die Kälte dieser Höhle rührt, so wie die der vorhergehenden, nicht

von ihrer Tiefe, sondern von der kalten Luft her, die aus den Spalten eines Felsens hervorsteigt, an welchen das Haus sich lehnt. Die Luft brach gerade damals mit so großer Gewalt hervor, daß sie beinahe die Fackel auslöschte, die ihnen leuchtete, und der Eigenthümer versicherte unserm Verfasser, daß er den Wind noch viel stärker würde gefunden haben, wäre nicht das Wetter, in Rücksicht der Jahreszeit, so kalt gewesen. Im Winter stürzt sich im Gegentheile die Luft mit Heftigkeit hinein, und um desto mehr, je kälter das Wetter ist. Dies ist in den lateinischen Versen ausgedrückt, die ihm der Besitzer des Hauses zeigte:

*Abditus hic ludit vario discrimine ventus,*

*Et faciles miros exhibet aura jocos:*

*Nam si bruma riget, quaecumque objeceris  
haurit;*

*Evomit aestivo cum calet igne dies. etc.*

Der Herr des Hauses zieht aus der Kühle dieser Höhle große Vortheile, indem er hier nicht allein Weine, Früchte und Lebensmittel aller Art aufbewahrt, sondern auch durch Röhren die kalte Luft in die Zimmer leitet. Vermittelt der am Ende dieser Röhren angebrachten Hähne kann man die kalte Luft in solchen Quantitäten herauslassen, als man sie verlangt. Diese Künstelei geht so weit, daß die Luft unter gewissen Gestellen geleitet wird, deren Fuß hohl ist, so daß die darauf gesetzten Flaschen durch den hervorsteigenden Wind beständig kühl erhalten werden. An dem Tage, als

Sauffüre, am Eingange dieser kleinen Grotte, die Temperatur des unterirdischen Windes beobachtete, fand er sie  $5\frac{3}{4}^{\circ}$ , da die der äufsern Luft  $14\frac{1}{2}^{\circ}$  war. Dieses geschah den 4ten Julius 1773 des Nachmittags; woraus in der That erhellet, dafs der Tag für dies Klima und für die Jahreszeit sehr kalt war.

Die *Cantines*, wie man sie in der italiänischen Schweiz nennt, oder die *kalten Höhlen von Chiavenna*, liegen gleichfalls an einem Felsen, süd-östlich von der Stadt. Die kalte Luft tritt in die Höhlen durch die Ritzen dieses Felsens, der aus verhärtetem Speckstein, vermischt mit Asbest und biegsamen Amianth, besteht. Den 5ten August 1774, des Mittags, stand das Thermometer in diesen Höhlen auf  $6^{\circ}$ , während es in der freien Luft auf  $17^{\circ}$  stand.

Bei dieser Gelegenheit bemerkt unser Verfasser, dafs die Steinarten, aus denen die Berge bestehen, woraus die kalten Winde hervorgehen, ihrer Natur nach sehr verschieden sind. Dies bietet, nach seiner Meinung, eine Antwort auf die Frage Nollets, in Rücksicht der Höhle des *Monte Testaceo*, dar; nämlich: „ob nicht vielleicht thönerne Gefäße von der Art sind, dafs sie sich schwerer erwärmen lassen, als andere Materialien; oder ob vielleicht hier die Einwirkung der Atmosphäre eine Abkühlung verursache, die anderswo nicht statt finde?“ „Es ist gewifs,“ fügt Sauffüre hinzu, „dafs diese Erscheinung nicht von der Natur der

thönernen Gefäße abhängt, denn die kalten Winde von *Cesi* steigen aus einem kalkartigen Berge, die von *St. Marino* aus Sandstein, und die von *Chiavenna* aus Speckstein hervor.

In den Höhlen von *Caprino*, die dieser kleinen angenehmen Stadt gegen über am Luganersee liegen, fand Sauffüre die Luft am kältesten. Sie befinden sich am Fusse eines kalkartigen Berges, dessen steiler Abhang sich nahe am See endet. Schon vor dem Eintritte wird man auf den kalten Wind aufmerksam gemacht, der durch das Schlüßelloch der Thüre kommt, und in einer Entfernung von 7 bis 8 Zoll merklich ist. Bei dem Eintritte selbst ist die Empfindung der Kälte so auffallend, daß man nachtheilige Folgen davon befürchtet; und beim Herausgehen kommt es einem vor, als träte man in einen Ofen. Bei dem ersten Besuche dieser Höhlen, den 29sten Junius 1771, fand der Verfasser das Thermometer auf dem Boden der Höhle auf  $2\frac{1}{3}^{\circ}$ , und im Schatten der freien Luft auf  $21^{\circ}$  stehend. Als er sie den 1sten August 1777 zum zweiten Mahle besuchte, fiel das Thermometer nicht tiefer als auf  $4\frac{1}{2}^{\circ}$ , da es im Freien  $18^{\circ}$  zeigte.

Es ist bemerkenswerth, daß diese Grotten weder tief sind, noch weit in die Erde hinein gehn. Ihr Boden erstreckt sich horizontal mit der Erdoberfläche fort; die äußere Wand und die Bedachung sind ganz der freien Luft ausgesetzt, nur allein die hintere und ein Theil der Seitenwand sind innerhalb des Bergfusses. Dieser ist überall mit eckigen

Gefchiehen aus der Steinart des Berges bedeckt, und durch die Zwischenräume derselben dringt die kalte Luft hervor. Ein glücklicher Zufall führte Herrn von Sauffüre gerade hin, als man eine dieser Grotten baute. Der Maurer, der diesem Werke vorstand, gab vor, im Besitze der Kunst zu seyn, die schicklichste Lage für solche Grotten auszufinden, indem er den Oertern nachspüre, aus denen der Wind hervordringt und ihnen gemäß Oeffnungen bohre. Durch diese Windlöcher werden die Grotten gekühlt, wie man leicht durch Hinhalten der Hand merken kann, und hier muß man auch das Thermometer hinstellen, wenn man die niedrigste Temperatur finden will.

Man sagt, daß man ihre Entdeckung den Schafen verdanke. Ein Schäfer bemerkte, daß seine Schafe während der größten Hitze ganz vorzugsweise zu gewissen Oertern ihre Zuflucht nahmen, und dort ihre Nasen zur Erde hin hielten; er suchte den Grund dieses Vorzugs auszuforschen, und hielt deshalb seine Hand auf den Boden; die kalte Luft, welche heraus kam, bewog ihn, eine Grotte dorthin zu bauen.

Von der Grotte, die Sauffüre bauen sah, war erst die Hinterwand aufgerichtet, so daß ihre Vorderseite noch ganz im Freien lag; dessen ungeachtet stand an der Oeffnung der Windlöcher das Thermometer auf  $4^{\circ}$ . Als er es 8 Zoll tief in den Erdboden dieser offenen Grotte senkte, zeigte es  $7^{\circ}$ , und  $8^{\circ}$ , als er es auf den Boden legte. Auf dem

dem Boden einer verschlossnen Grotte stand es auf  $5^{\circ}$ , und in der freien Luft auf  $18^{\circ}$ .

Diese kalte Luft hat keine bemerkbare Eigenschaft, wodurch sie sich von der reinen atmosphärischen, wenn sie bis zu demselben Grade abgekühlt ist, unterscheidet. Sie hat weder Geruch noch Geschmack, ist aber noch nicht chemisch untersucht worden, so interessant dieses auch seyn müßte.

Der Baumeister dieser Grotte, der ein verständiger Mann zu seyn schien, war der Meinung, daß die kalte Luft aus dem Innern des Berges käme und sich durch die unter den Geschieben verborgenen Spalten hervor dränge. Uebrigens hat man hier gar keine Spur von einer unterirdischen, natürlichen Eisniederlage, wo der Schnee während des Winters sich auffammeln könnte. Auch ist der Berg nicht hoch genug, als daß sich auf ihm der Schnee den Sommer über erhalten könnte. Indefs muß sich doch die Ursache dieses Phänomens ziemlich weit erstrecken; denn es wurde Sauffüre auf das Glaubwürdigste versichert, daß dergleichen Höhlen bis gegen *Capo di Lago* hin, 3 Stunden weit von *Caprino*, ja sogar bei *Mendrisio*, welches noch eine Stunde weiter liegt, zu finden sind. Eben so giebt es auch einige an der andern Seite des Sees. Man sagt, daß sich auch einige an dem Ufer des *Comer Sees* befinden sollen, was Sauffüre um desto mehr glaubt, da er auf der Villa des Plinius, die am Ufer dieses Sees liegt, das Wasser der intermittirenden Quelle  $7\frac{1}{2}^{\circ}$  kalt fand.

Die letzten von Sauffüre beschriebenen Höhlen, aus denen kühle Luftströme kommen, sind die von *Hergisweil*. Diese waren die einzigen, welche er auf der nördlichen Seite der Alpen sah. In dem von *Lucern* eine Stunde entfernten Dorfe *Winckel* schiffte er sich auf dem See ein, und in weniger denn einer halben Stunde kam er in dem gegen über liegenden *Hergisweil* an. Dieses Dorf gehört zu Unterwalden, und liegt am Ende einer kleinen Bucht, in einer sehr ländlichen und romantischen Lage, mit Wiesen und Weingärten umringt. Zehn Minuten vom Dorfe sind am Fusse des Berges die kalten Grotten, die bloß aus hölzernen Hütten bestehn; die hintere Wand aber lehnt sich, so wie bei denen zu *Lugano*, an die aufgehäuften Geschiebe des Berges an. Die Steine dieser Wand sind nicht mit Mörtel verbunden, und durch ihre Zwischenräume tritt der kalte Wind hinein, der aus dem Gerüll des Berges kommt.

Den 31sten Julius 1783 Mittags stand das Thermometer im Schatten auf  $18^{\circ},3$ , und am Boden der Grotte auf  $3^{\circ},3$ . Der Herr des Hauses versicherte, daß er in dieser Grotte die Milch drei Wochen, Fleisch einen Monath und Erdbeeren von einem Jahre zum andern aufbewahren könne. Nahe bei dieser Hütte war eine andere von derselben Art, in welcher man Schnee aufbewahrt, um ihn im Sommer nach *Lucern* zu verkaufen. In der Grotte, wo er die Temperatur beobachtete, war kein Schnee, Dicht an der Hütte, unter demselben



Dache, macht man Feuer zu häuslichen Bedürfnissen, ohne zu befürchten, daß es auf die Temperatur der Grotte Einfluss habe. Im Winter gefriert es in diesen Hütten etwas später, als in der freien Luft, aber nachher, wie man behauptet, desto heftiger. Sauffüre glaubt, daß dieses ohne Zweifel davon herrühre, daß alsdann der Luftstrom an diese unterirdischen Höhlen hineingehe.

Der Berg, welcher über die Höhlen hinwegragt, ist kalkartig, und an seine steile Seite, die gegen Norden liegt, lehnen sich die Hütten an. Sein Nahme ist *Renq*, sein Fuß erstreckt sich bis in den Lucerner See, wo er ein Vorgebirge bildet, und er ist eine von den Grundstützen des Pilatusberges, zu dem er gerechnet wird.

Herr Pfeyffer benachrichtigte Sauffüre, daß nahe an diesem Felsen der See sehr tief sey. Es scheint, daß der kalte Wind aus mehreren Stellen hervorbricht; denn wenn man in dieser Gegend am Fuße des Berges die Erde, welche die Geschiebe bedeckt, wegräumt und die Hand darüber hält, so kann man die hervordringenden kalten Winde fühlen. \*)

\*) Zu diesen Beispielen kann man noch die *Grotte von Roquefort* hinzufügen, welche Chaptal in den *Annales de Chimie*, IV, 31, 45, doch nicht so genau, wie Sauffüre die vorigen, beschreibt. Die Luft dringt hier durch das Geschiebe eines Kalkberges hervor, und man nutzt die Grotten zur Verfertigung eines besondern und sehr gesuchten

Die Theorie, welche Sauffüre über diese Grotten giebt, um ihre Kälte zu erklären, ist folgende.

Er nimmt an, daß die Luft, welche die Grotten kühlt, in unterirdische Höhlungen eingeschlossen ist, die nicht tief genug liegen, um der Einwirkung der Sommerwärme und der Winterkälte gänzlich zu entgehen, jedoch durch diesen Wechsel nur eine Veränderung der Temperatur von wenig Graden erliden. Die Luft wird in ihnen durch die Winterkälte etwas verdichtet, beim Beginnen des Sommers wieder ausgedehnt, und herauszudringen gezwungen; und indem sie dabei durch feuchte

Käses. Herr Marcorelle bemerkte im Oktober, daß das Reaumur'sche Thermometer in diesen Grotten bis auf  $5\frac{1}{2}^{\circ}$  fiel, während es in der freien Luft auf  $13^{\circ}$  stand, und Chaptal fand den 21sten August 1787 mit einem guten Thermometer, welches im Schatten an der freien Luft auf  $13^{\circ}$  stand, die Temperatur eines starken Luftzuges in einer dieser Grotten  $4^{\circ}$ . Man versicherte ihm, das Thermometer dort schon auf  $1^{\circ}$  über Null gesehen zu haben. Je heißer die äußere Luft ist, desto kühler sind die Grotten, weil der Luftzug dann desto stärker wird. Herr Chaptal nimmt in seiner sehr kurzen Erklärung an, die äußere Luft dringe in die Erde ein und werde dort durch Ausdünstung abgekühlt, giebt aber keine Ursache von der Entstehung des Luftzuges an, und warum dieser in seiner Stärke sich verhältnißmäßig nach der äußeren Wärme richtet.

Nicholson.

Felsenritzen oder durch die Zwischenräume nasser Steine geht, wird sie durch die Ausdünstung, die dieses bewirkt, so abgekühlt, daß sie als ein kalter Luftstrom hervordringt.

Die Wirklichkeit solcher Luftbehälter, zu denen die Winterkälte und die Sommerwärme vordringen, glaubt Sauffüre, sey keine bloße Hypothese, sondern fließe unmittelbar aus der von den Besitzern dieser Grotten allgemein bezeugten Thatfache, daß im Sommer die Luft mit desto mehr Gewalt hervordringt, je wärmer das Wetter ist, und daß sie im Winter durch dieselben Oeffnungen, nach Verhältniß der intensiven Stärke der Kälte, wieder zurückkehrt.

Wiewohl es gar keinem Zweifel unterworfen ist, daß das Ausdünsten ein Abkühlen bewirkt, so suchte Sauffüre dieses doch noch durch einen Prozeß zu zeigen, dem ähnlich, den er in dieser Erscheinung vermuthete. Er nahm eine Glasröhre von einem Zoll im Durchmesser, und füllte sie mit zerbröckelten, nassen Steinen. Durch diese Röhre trieb er den Wind aus ein Paar großen Blasebälgen. Die Luft ging in der Temperatur von  $18^{\circ}$  aus den Blasebälgen heraus, und das Durchgehn durch die Röhre verminderte sie bis zu  $15^{\circ}$ . Er bekam dasselbe Resultat, als er eine chemische Vorlage mit 2 Hälften, halb mit kleinen nassen Flintensteinen füllte. Wenn er aber den Wind dieser Blasebälge gegen die Kugel eines mit einer nassen Hülle umkleideten Thermometers richtete, so war die

Abkühlung 4°. Eine noch grössere Erkältung, nämlich von 9°, erfolgte, als er die Kugel des Thermometers mit einem nassen Schwamme umgab, und es in der Luft herumdrehte. Allein, da hier die Luft, die mit dem nassen Schwamme in Berührung kommt, beständig erneuet wird, so sind, wie auch Sauffüre erinnert, die Umstände dabei anders, als in den ersten Fällen, wo die Luft beständig mehr und mehr mit Feuchtigkeit beladen wird. Er glaubt daher auch, daß die Ausdünstung nicht hinreiche, eine Abkühlung von 7 bis 8° unter der mittlern Temperatur, so wie man sie in den Grotten von *Lugano* findet, zu erklären; wohl aber die von 5 oder 6°, wie sie in *Cesi*, *Ischia* und dem *Monte Testaceo* statt hat. Hier sollen sich große unterirdische Luftbehälter, nahe genug an der Oberfläche der Erde befinden, um die Luft in ihnen durch die Winterkälte bis auf 3° unter, und durch die Sommerwärme bis auf 3° über der mittlern Temperatur zu bringen. Hat die Kälte in diesem Behälter ihr Maximum erreicht, so soll ihre Temperatur 7° seyn. Wenn darauf die Wärme des Frühlings die Luft auszudehnen beginnt, so steigt ihre Temperatur z. B. bis auf 8°, und sie fängt an sich herauszudrängen. Da nun aber das Ausdünsten ihre Wärme um 3° verringert, so vermindert sich diese bis auf 5°, und dies wird der Grad ihrer größten Kälte seyn. Nach dem Verhältnisse, als die Wärme des Sommers in diesen Behälter hineindringt, vermehrt sich auch die Wärme der hervorströmenden Luft,

die jedoch nie über die mittlere Temperatur steigen kann; weil die grösste Wärme des Behälters  $13^{\circ}$  ist, und das Ausdünsten diese bis auf  $10^{\circ}$  zurückbringt.

Sauffüre's Versuche unter einander, und mit denen des Abbé Nollet verglichen, beweisen in der That, daß die Wärme dieser kühlen Winde sich mit der vorrückenden Jahrszeit vermehrt. Denn der Abbé Nollet fand den 9ten September die Temperatur der Grotten des *Monte Testaceo*  $9^{\circ},5$ , Sauffüre hingegen den 1sten Jul.  $5^{\circ},3$ . Eben so fand er die Temperatur der Grotten von *Lugano* am 1sten August  $4\frac{1}{2}^{\circ}$ , und den 25sten Jun.  $2\frac{1}{2}^{\circ}$ .

Wenn die Luft in der Höhle den höchsten Grad von Wärme erreicht hat, so muß eine Zeit lang eine Art von Stockung erfolgen; nach welcher der Behälter anfängt sich abzukühlen, und dann die äussere Luft einschluckt. Und so wird durch die Kühle des Herbsts und durch die Winterkälte die kalte Temperatur der Höhlen erhalten.

Durch diese Voraussetzungen einer mittleren Temperatur der Höhlen von  $10^{\circ}$  und einer Erkältung durch Ausdünstung von  $3^{\circ}$ , läßt sich, wie Sauffüre bemerkt, eine Kälte dieser Luftströme, die im Sommer nur  $5^{\circ}$  R. und darunter beträgt, leicht erklären. Denn wollte man sich auch den Behälter näher an der Oberfläche denken, so daß die Kälte des Winters seine Temperatur bis auf  $5^{\circ}$  erniedrigte; so würde zwar anfangs, wenn die Abkühlung durch Ausdünstung hinzukommt, die Luft in der

Temperatur von  $2^{\circ}$  herausdringen; allein nicht lange, da dann auch die Erwärmung des Behälters durch die Hitze des Sommers verhältnißmäßig höher steigen müßte. — Soll man einen größern Grad der Kühle, als den von 4 bis 5, z. B. den von *Lugano* und *Hergisweil*, erklären, ohne voraussetzen zu dürfen, daß hier die Ausdünstung eine größere Erkältung, als die von  $3^{\circ}$  bewirke, so ist es nothwendig, die gewöhnliche Temperatur des Behälters unter  $10^{\circ}$  anzunehmen; eine Annahme, die bei der Nähe der Alpen, wo man auch nur allein Höhlen von so niedriger Temperatur entdeckt hat, nicht unerlaubt scheint.

Dem Einwurfe, daß die Luft in einer unterirdischen, mithin feuchten Höhle bereits mit Feuchtigkeit gesättigt sey, und dann keine Verdunstung mehr bei ihrem Herausströmen bewirken könne, sucht Sauffüre durch die Bemerkung auszuweichen: daß nicht alle Höhlen nothwendig feucht sind; daß die hier angenommenen von sehr großem Umfange seyn müssen, um durch eine Ausdehnung der eingeschlossnen Luft von wenigen Graden so beträchtliche Luftströme den ganzen Sommer hindurch zu bewirken; und daß folglich im Winter eine große Quantität kalter, trockner Luft in sie hineindringe, die, durch die Wärme ausgedehnt, sehr austrocknend sey und den Wänden dieser Höhlen die Feuchtigkeit benehme, so daß man sie trocken genug annehmen könne, um eine Ausdünstung, die sie  $3^{\circ}$  abkühle, zu bewirken.

Nachdem ich aus dem Werke eines Naturkundigers, dem die Physik so viel verdankt, eine so interessante und genaue Beschreibung der Thatfachen über diesen merkwürdigen Gegenstand gegeben hatte; so hielt ich es für billig, seine Theorie nicht weniger umständlich zu erzählen, besonders, da meine Gedanken über diesen Gegenstand von seiner Meinung abweichen.

1. Muß ich bemerken, daß wir gar keine Nachricht von dem Daseyn solcher großen Höhlen haben, die noch dazu der Oberfläche der Erde so nahe seyn sollten. 2. Aus des Verfassers eignen Beobachtungen erhellet, daß in Tiefen, die sehr unbedeutend im Vergleiche mit der Dicke sind, welche die Decke so großer Höhlungen nothwendig haben mußte, der Einfluß der Jahreszeiten kaum merklich ist. Er fand, daß in einer Tiefe von  $29\frac{1}{2}$  Fuß, in festem Boden, der größte Unterschied der Temperatur während dreier Jahre,  $8^{\circ},95$  und  $7^{\circ},75$ , also im Ganzen nur  $1^{\circ},2$  betrug. \*) 3. Wäre aber

\*) Der Graf Cassini, sonst Director der Pariser Sternwarte, hatte im Jahre 1783 in den Höhlen unter der Sternwarte, welche zu alten Steinbrüchen gehören, ein höchst empfindliches Quecksilber-Thermometer aufgestellt, mit einer Kugel von  $1\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser und einer 22 Zoll langen Haarsöhre, dessen Verfertigung und Gradation von Lavoisier besorgt worden war, und welches im *Journal de Phys.*, t. 35, abgebildet und beschrieben ist. Es steht in einer 100 Fuß langen, 6 Fuß breiten und

auch die Erddecke dieser Höhlungen noch viel dünner: so würde doch die Wärme, die, nach den Ver-

8 Fufs hohen, noch mit 3 Seitenhöhlen versehenen Höhle, 105 Fufs tief unter dem Observations-Zimmer, und ist so empfindlich, dafs es durch die Gegenwart dreier Personen in 5 Minuten um  $0,02$  Grad stieg. Um dieses zu vermeiden, wurde es in ein Glas mit sehr feinem und trockenem Sande gethan, der es bis zum 7ten Grade bedeckte; und in diesem Zustande findet es sich noch jetzt in dieser Höhle.

Als Cassini es hinabbrachte, war die Höhle mit andern Höhlen des Steinbruchs durchschlägig und es fiel bis auf  $7^{\circ}\frac{1}{2}$ ; als aber die Oeffnungen rings umher vermauert, und der Eingang mit einer Thüre verschlossen wurde, stieg es bis über  $9^{\circ}$ . Vom 3ten August 1783 bis zum 29ten Jun. 1785, also fast während zweier Jahre, während derer Cassini es fleissig beobachtet hatte, wie das Journal darüber im *Journal de Physique* beweist, war der höchste beobachtete Stand  $9^{\circ},28$ , der niedrigste  $9^{\circ},06$ , mithin die Veränderung  $0^{\circ},22$ , und die mittlere Temperatur  $9^{\circ},17$ . Es sank im August 1783 bei einer sehr starken Hitze von  $9^{\circ},09$  auf  $9^{\circ},06$ ; stieg bei einer starken Kälte gegen Ende Januar 1784 auf  $9^{\circ},12$ ; fiel im Mai 1784, dem wärmsten Monat dieses Jahrs, wieder auf  $9^{\circ},09$ , stieg dann wieder im Winter 1785 bis auf  $9^{\circ},33$ , fiel aber den folgenden Sommer nicht, sondern blieb den ganzen Julius über auf  $9^{\circ},26$  bis  $9^{\circ},28$  stehn. Dafs es im Sommer tiefer als im Winter stand, daran ist wahrscheinlich die Verdunstung in der Höhle, vielleicht auch besonders die des feuchig gewordenen Sandes im



suchen des Grafen Rumford, in Fluidis, und so auch wohl in der Luft, nur durch das Aufsteigen

Glase schuld, die im Sommer stärker als im Winter ist, und im Sommer 1783 durch irgend einen Umstand unterbrochen seyn mochte. Liefse sich dieser Einfluss vermeiden, so stünde das Thermometer vielleicht stets unveränderlich auf einerlei Temperatur.

Cotte erzählt im *Journal de Physique*, Tom. 4, p. 247, er sey, in Gesellschaft der Hrn. Delamétherie, von Humboldt, Bouvard und Fleuryan Bellevue, den 1ten Messidor 1798 in diese Höhlen unter der pariser National-Sternwarte 171 Stufen tief hinabgestiegen, wo Lavoisiers Quecksilber-Thermometer in einem Gefäße voll nassen Sandes aufbewahrt wird. Der höchste Stand, den man seit 1783 an diesem Thermometer beobachtet hat, sey  $9^{\circ},585$ , und zwar im Winter; der niedrigste  $9^{\circ},565$ , und zwar im Sommer; sie selbst beobachteten  $9^{\circ},569$ . Ist Cotte hier nur falsch berichtet worden, und brachte, als er es sah, die Gegenwart von 5 oder 6 Personen das Thermometer um  $\frac{1}{4}^{\circ}$  zum Steigen, oder sollte sich die Temperatur der Höhlen seit 1783 wirklich so merklich erhöht haben?

Dafs übrigens 29 $\frac{1}{2}$  Fufs tief unter der Oberfläche der Erde die Temperatur sich noch um  $1^{\circ},2$ , dagegen 105 Fufs tief so gut als gar nicht mehr verändert, ist begreiflich; dafs aber bei Genf die mittlere Temperatur in ersterer Tiefe  $8^{\circ},85$ , in Paris dagegen in letzterer Tiefe  $9^{\circ},17$  beträgt, scheint auf den ersten Anblick überraschend, und läfst sich wohl nur aus der beträchtlich höhern Lage

der erwärmten und das Sinken der abgekühlten Theile sich fortpflanzte, nicht niederwärts gehen, weil die verdünnten Theile nicht sinken können, und daher, selbst bei jener sehr unwahrscheinlichen Annahme, doch keine Erwärmung und Ausdehnung der Luft in der Höhle statt finden. 4. Aus den Versuchen des Herrn Duvernois, (deren Beschreibung man in der *Encyclopédie methodique*, Artikel

Genfs, mit der eine beträchtlich geringere Lufttemperatur verbunden seyn muß, erklären,

Guyton erwähnt bei Gelegenheit des Saufürschen Aufsatzes, in den *Annal. de Chimie*, t. 25, p. 81, einiger Beobachtungen, die Kirwan 1788 auf seiner Durchreise durch Dijon mit einem guten Fahrenheitischen Haar-Thermometer über die Temperatur in der Tiefe der Brunnen gemacht habe. Er fand sie im Durchschnitte kälter als gleich tiefe pariser Brunnen. Was ihn in Verwunderung setzte, waren 2 Brunnen in Guyton's Wohnung, die, nur 14 Toisen von einander entfernt, einen Temperatur-Unterschied von  $2^{\circ}$  zeigten. Der kältere stieß gegen Norden, der wärmere gegen Süden an ein Gebäude. Die Beobachtungen auf das Reaumur'sche Thermometer reducirt, waren folgende:

Pariser Brunnen, mittlere Temperatur  $9^{\circ},333$

Brunnen südwestlich von Dijon  $8^{\circ},444$

Brunnen in Guyton's Wohnung zu Dijon

erster, nach Norden zu frei  $8,333$

zweyter, nach Süden zu frei  $7,25$

Sollte vielleicht auch die Verdunstung an diesem Unterschiede mit Schuld seyn, oder nur ein Mangel an Sorgfalt im Beobachten? d. H.

*Air*, Seite 686, und auch im ersten Theile der *Annales de Chimie* findet,) erhellt, daß die gemeine Luft, wenn ihre Temperatur von  $0^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  nach Reaumur erhöht wird, sich kaum um  $\frac{1}{12}$  ihres ganzen Volumens ausdehnt, daher sie sich, bei dem von Hrn. von Sauffüre angenommenen Unterschiede der Temperatur, kaum um  $\frac{1}{8}$  ausdehnen möchte. Die Höhle, die so nahe an der Oberfläche der Erde liegen soll, daß sie innerhalb des Wirkungskreises der Jahreszeiten ist, müßte folglich 8mal mehr Luft enthalten, als den ganzen Sommer hindurch, durch alle ihre Oeffnungen ausströmt. Zwar läßt sich, weil weder diese Oeffnungen noch die Geschwindigkeit der Luftströme bekannt sind, hierauf keine förmliche Berechnung über den Inhalt einer solchen Höhle gründen. Aber auf jeden Fall scheint es ganz unwahrscheinlich zu seyn, daß sich ein so großer Luftbehälter dicht unter der Erdoberfläche befinden sollte. Besonders ist es, nach allen Beobachtungen, nicht im geringsten wahrscheinlich, daß der *Monte Testaceo* eine solche Aushöhlung in sich schliesse, oder mit ihm in Verbindung stünde. 5. Endlich ist es eine sehr willkührliche Annahme, daß der Behälter selbst immer ganz trocken, die Gänge hingegen, durch welche die Luft herausströmt, immer feucht seyn sollen.

Dieser freimüthigen Prüfung der Erklärung des Herrn von Sauffüre füge ich einige Gedanken über die Ursache dieses Phänomens bei, die ich widerlegt zu sehn wünsche, sollte in ihnen ein Irrthum

verborgen seyn, oder sollten Thatfachen und künftige Entdeckungen ihnen entgegen stehn.

Es scheint mir alles auf dem einfachen Umstande zu beruhen, daß die Höhle, die von einer ansehnlichen Stein- oder Erdmasse umgeben ist, ihre Temperatur *nur mittelst der Luft* oder eines andern sie durchdringenden Fluidums, zu verändern vermag. Wir wollen z. B. annehmen, die St.-Paulskirche in London, die bis zum Dache beinahe 400 Fuß hoch ist, sey mit Scherben von Töpfergefäßen angefüllt. Diese große Masse würde zuerst die Temperatur der Luft besitzen, in der sie aufgehäuft wurde. Da aber Thon und die meisten erdigen Stoffe schlechte Wärmeleiter sind, so würden die Wirkung der Sonnenstrahlen und die zunehmende Wärme der äußern Luft sich in diesen Steinhäufen nur auf eine sehr kleine Tiefe erstrecken, und zwar, nach verschiedenen bekannten Thatfachen zu schließen, kaum bis zu einer Tiefe von 3 Fuß. Wir wollen nun annehmen, die äußere Luft wäre um  $10^{\circ}$  abgekühlt worden. Die ganze Luftmasse innerhalb des Scherbenhauens würde dann, da sie leichter wäre, als die außerhalb, durch die obern Oeffnungen der Kirche hinausdringen, dem Drucke zufolge, mit dem die dichtere äußere Luft durch die untern Oeffnungen hineindränge; und dieses würde so fort dauern, bis alles im Innern des Gebäudes die Temperatur der äußern Luft bekommen hätte. Folglich müßte, (wenn wir sowohl die Capacität der Thongefäße und der Luft für die Wär-

me, als auch die Gröſſen der Zwischenräume und der feſten Theile im Scherbenhaufen gleich ſetzen,) eine Luftmaſſe von einem beinahe tauſendmal ſo groſſen Umfange, als der des Gebäudes iſt, durch die Zwischenräume hindurchziehn, bevor alles die Temperatur der Luft wiedergewönne. \*) Käme nun

\*) Nicholſon ſcheint bei dieſer Erläuterung zu nächſt den *Monte Teſtaceo* vor Augen gehabt zu haben, der, nach *Sauſſüre's* Beſchreibung zu urtheilen, ungefähr den Umfang der Paulskirche haben mag, und, welches mir jedoch unglaublich ſcheint, ganz aus thönernen Scherben zuſammengeſetzt ſeyn ſoll. Geſetzt, dieſer Berg habe gleichen Inhalt mit einem Kegel, der 300 Fuſs hoch iſt, und deſſen Grundfläche 1200 Fuſs im Durchmeſſer hat, ſo enthielte er 112 Millionen Kubikfuſs. Davon mögen die Scherben oder ſonſtigen Geſchiebe  $\frac{2}{3}$ , die Zwischenräume  $\frac{1}{3}$  betragen, ſo wären 22 Millionen Kubikfuſs Luft in dem Berge. Sollten dieſe in einem Tage aus 500 Zuglöchern, deren jedes einen Quadrat Zoll im Querſchnitt hielte, aus dem Innern des Berges ausſtrömen, ſo geſchähe das mit einer mittlern Geſchwindigkeit von etwas mehr als 5 F. in einer Sekunde, welches einen ganz merklichen Luftſtrom gäbe. Behielte die äußere Luft ihre Temperatur unverändert bei, und nehmen wir an, daß die Capacität für Wärme ſich ungefähr nach den Dichtigkeiten richte, ſo würden 7500 Tage, d. h. 20 Jahre, darauf vergehn, ehe die Scherbenhaufen bloß von der hindurchſtreichenden Luft bis zu einerlei Temperatur mit ihr gebracht würden. Man ſieht daher, daß die Erkältung der durchziehenden

vollends der Winter, und erkältete die äufsern Luft immer mehr, so würde dieser Luftzug, der bei der Thüre oder am Boden des Haufens hindringt, und oberhalb herausströmt, so lange fort dauern, als die äufsern Luft an Kälte die innern Theile des Haufens überträfe, und die Gewalt des Luftzuges müßte um desto gröfser seyn,

Luft sehr wohl den ganzen Sommer hindurch so ziemlich in gleichem Grade statt finden kann. Wirke kein andrer Grund einer Temperatur-Veränderung in einem solchen Berge, als bloß die durchziehende Luft; so müßte er so ziemlich die mittlere Temperatur der Erde ( $8^{\circ}.4$  R.) unverändert behalten. Allein da die äufsern Temperatur-Veränderung doch etwas in die Erde selbst, wenn gleich nicht tief, hineingeht, und überdies, wenn der Zwischenräume im Berge weniger im Verhältniße der Masse sind, als wir annehmen, die Temperatur der Theile, welche die Luft berührt, da Thon und Erden schlechte Wärmeleiter sind, sich etwas schneller verändern würde; so erklärt es sich auch aus diesem von Nicholson angegebenen Grunde, (besonders wenn man noch die Verdunstung zu Hülfe nimmt,) genugthuend, wie in den von Sauffüre besuchten Ventaroles die herausdringende Luft nicht immer die mittlere und einerlei Temperatur hatte, sondern gegen den Winter zu wärmer als im Anfange des Sommers war. Daß aus demselben Berge Luft von verschiedner Wärme herausdringt, wie im *Monte Testaceo*, erklärt sich leicht aus der verschiednen Länge und Weite der Kanäle, welche die Luft durchstreicht. d. H.

je größer der Unterschied zwischen diesen Temperaturen ist. Hätte nun aber der Winter die ganze Masse dem Gefrierpunkte nahe oder unter denselben gebracht, und bei Rückkehr des Frühlings würde die äussere Luft erwärmt und verdünnt; so müsste umgekehrt die innere kalte, und mithin verdichtete Luft des Haufens, unterwärts herausströmen, und dagegen die warme äussere Luft oberhalb nachdringen, und, im Scherbenhaufen abgekühlt, ebenfalls wieder unterhalb herausdringen. Die Stärke dieses Luftzuges würde sich wiederum nach dem Unterschiede der Wärme der äussern Luft und des Scherbenhaufens richten.

Man kann sich hier sehr viel verschiedene Fälle denken. Ist die Scherbenmasse sehr gross, so wird auch der äusserste Grad der Temperatur-Verschiedenheit um desto beträchtlicher, und ihre Wirkung desto dauernder und stätiger seyn. Bei grossen Scherben ist der Luftzug schneller, aber auch die Erkältung geringer; und befindet sich innerhalb der Scherbenmasse, eine beständige Quelle von Feuchtigkeit, so muss der herabstinkende Luftstrom durch die Ausdünstung, die er bewirkt, noch stärker erkältet werden.

Ich habe hier der *Paulskirche* deshalb Erwähnung gethan, weil ich oft bei heissem Wetter einen auffallend kühlen Luftzug fühlte, der aus den Thüren und Gewölben dieses Gebäudes kam, und der, wie ich glaube, durch das Abkühlen der Luft, an den grossen Massen von Mauerwerk in ihr hervor-

gebracht wird. Da mir die wahrscheinliche Ursache dieses Luftzugs vor der gegenwärtigen Untersuchung nicht einfiel, so habe ich den Umständen nicht genauer nachgeforscht. Luftzüge dieser Art sind indess sehr gewöhnlich. (Der sehr bekannte Versuch mit einem Lichte, das man erst oberwärts und dann unterwärts vor die geöffnete Thüre eines Zimmers hält, ist von derselben Art. Sind die Luft und die Wände innerhalb der Stube wärmer als die äussere Luft, so wird die Flamme in der Höhe hinauswärts, und am Boden der Thüre hineinwärts geblasen. Das Gegentheil geschieht, wenn die Wände der Stube oder ihre Luft kälter sind. \*) In di-

\*) Gerade auf demselben Grunde beruht auch der regelmässig wechselnde See- und Landwind, den man an den Küsten der heissen Zonen wahrnimmt. In Malacca z. B. erhebt sich, nach eines aufmerksamen Beobachters Angabe, (Herrn Hensels zu Pirna, im Journal für Fabriken, 1799, Oct., S. 302,) regelmässig täglich zwischen 11 und 1 Uhr Mittags der Seewind, und weht sehr stark bis Abends gegen 6 Uhr, zu welcher Stunde, sollte er auch noch so heftig blasen, der Landwind an seine Stelle tritt, der bis gegen 11 Uhr des andern Tages anhält. Beide geben eine angenehme Kühlung, so dass das Fahrenheit'sche Thermometer sich in Malacca, ob es gleich nahe an der Linie liegt, doch immer zwischen 80 und 90 Grad erhält, indess es in Calcutta unter 23° nördlicher Breite im April und Mai nicht selten im Schatten bis auf 110° steigt. Nur in den



tem Falle gleicht der untere Luftzug dem kühlenden Winde den Höhlen. Bohrte man im Sommer

Zwischenzeiten, da beide Winde eine Pause machen, ist es erstickend heiss.“

Die Erde wirft viel mehr Sonnenstrahlen zurück, und wird selbst viel stärker im Sonnenscheine erhitzt, als das Wasser, welches einen grossen Theil der Sonnenstrahlen verschluckt. Bald nach Sonnenuntergang, der hier stets um 6 Uhr erfolgt, fällt der Thau in diesen heissen Ländern in ausserordentlicher Fülle, und dieser Uebergang dampfförmiger Flüssigkeiten in tropfbare erkaltet die Luft so stark, dass dadurch eine empfindliche Kühlung entsteht. Die Luft über dem Wasser wird nicht so stark erkaltet, steigt also als die leichtere auf, und die schwerere Landluft zieht nach der See zu. Daher der kühle Landwind die Nacht über, der wahrscheinlich mit einem Gegenwinde in den höhern Regionen begleitet ist. Nach Sonnenaufgang muss erst aller Thau verdunstet, und die Erdoberfläche eine Zeit lang durchhitzt seyn, ehe sie und die Luftschicht über ihr stärker als das Wasser erwärmt sind, (welches, wegen der zunehmenden Verdunstung mit grösserer Wärme, einen gewissen Wärmegrad nicht leicht übersteigt.) Daher dauert der Landwind bis 11 oder 1 Uhr fort. Alsdann aber wird die Landluft die leichtere, steigt also aufwärts, und die kältere, und folglich schwerere Seeluft zieht längs der See-Büche zum Lande hin, und dieser Luftzug dauert so lange, bis die Sonne sinkt und der Thau die Landluft wieder abkühlt und zur schwerern macht. So geht dieser Wechsel beständig fort, und so wird die Temperatur an der Küste mittelst der Ver-

zwei Löcher in eine Kellerthüre, das eine in den obern, das andere in den untern Theil; so würde ohne

dunstung immer so ziemlich in einerlei Höhe erhalten.

„Der Landwind ist in Malacca, wie Herr Hensel meint, deshalb so erfrischend, weil er, da Malacca eine Halbinsel ist, immer über das Meer herkömmt, da hingegen der heisse Landwind an der Küste von Coromandel über die brennenden Sandwüsten Persiens herweht.“ Dieses ist aber wohl nicht der wahre Grund. Der Landwind in Malacca kommt wohl schwerlich über das Meer, sondern bläst zu gleicher Zeit an der Westküste östlich, an der Ostküste westlich, da der Grund, der ihn veranlaßt, an beiden Küsten derselbe ist; und so bläst auch wahrscheinlich an beiden zugleich der Seewind. Nur erhält die Nachbarschaft der See ringsum die Landluft überhaupt in einer niedrigeren Temperatur als an der Küste Coromandel, wo an die persischen Wüsten wohl schwerlich zu denken ist.

„Die häufigen und außerordentlichen Donnerwetter, bemerkt Herr Hensel weiter, tragen ebenfalls sehr viel zur Mäßigung der Hitze bei. Sie bringen eine solche Kühlung, daß ich mehr als Ein Mahl des Nachts auf meinem Lager so froh, daß ich zu mehrerer Bedeckung meine Zuflucht nehmen mußte. Freylich ist dort der Körper gegen den geringsten Grad von Kälte empfindlicher als in unserm Klima, da dort die Schweisslöcher durch die Hitze so sehr geöffnet werden. — Der Süd-Ostwind herrscht hier fast das ganze Jahr durch, (den sich nicht weit erstreckenden Land- und See-

Zweifel das obere Loch die Luft einziehen, und das andere einen kalten Strom ausstoßen, bis die Kellerwände die Wärme der äußern Luft erhalten hätten. \*)

wind nicht gerechnet;) die Gewitter steigen aber immer von Nord-West auf; der Kompaß ist bei ihnen in einer beständigen unruhigen Bewegung; ja, ein Kapitän eines englischen Ost-Indien-Fahrers erzählte mir, die Nord-Spitze seiner Magnetnadel habe in einem sehr heftigen Ungewitter gänzlich nach Süden gewiesen.“ d. H.

\*) Dafs etwas ganz ähnliches beim Wechsel des Luftzugs in Bergwerken vorgeht, ist bekannt. Liegen zwei mit einander durchschlägige Schächte in verschiedener Höhe; so geht im Frühjahr, da die Luft wärmer als die Erde ist, ein warmer Luftzug zum höher liegenden Schachte hinein, hingegen im Herbst und Winter, so lange die Luft kälter als die Erde ist, ein kalter Luftstrom vom niedriger zum höher liegenden Schachte; wovon der Grund derselbe ist, woraus Nicholson die *Ventirale* erklärt. d. H.

## VI.

## Ueber die spanischen Alcarazzas,

von

FABBRONI. \*)

*Alcarazzas* nennt man in Spanien eine Art von Krügen oder thönernen Gefäßen, welche dazu bestimmt sind, das hineingegossene Trinkwasser abzukühlen. Die Erde, aus der sie bestehn, läßt Wasser hindurchsickern, und indem dieses verdunstet, bewirkt es, den bekannten Gesetzen der Wärme gemäß, die gewünschte Kühlung. \*\*) Man verfer-

\*) *Journal de Physique*, T. VI, p. 118.

\*\*) Nach Sallior's Beschreibung in der *Décade philosophique*, An 6, Frim. 30, welche Guyton in den *Annales de Chimie*, T. XXV, p. 167, wiederholt, sind diese Krüge 1 Fuß hoch,  $\frac{1}{2}$  Fuß weit und wie die gewöhnlichen Wasserkrüge mit einer engeren Oeffnung und weitem Bauchung gestaltet. Sie sind auch in der Barbarey und in Aegypten gewöhnlich, und wahrscheinlich von den Mauren nach Spanien gebracht worden, wo sich ihrer jeder mann zur Abkühlung seines Getränks bedient; eine während der Hundtagsbitze sehr schätzbare Sache. Ist das Gefäß gut, so schwitzt die ganze Oberfläche; und wird es in freier Luft oder noch besser in einen Luftzug gesetzt, so kühlt das Wasser darin sich sehr schnell. Auch soll man röthliche Alcarazzas haben, welche die Eigenschaft besitzen, dem Wasser einen angenehmen Geschmack zu geben. d. H.

tigt sie an verschiedenen Orten Spaniens; die besten und berühmtesten kommen von *Andujar* in *Andalusien*, wo sie aus einer Mergelerde gemacht werden, die man am *Ianusbro*, einem kleinen <sup>1</sup> Stun-  
de entlegenen Strome findet. Diese soll man, mit sehr feinem Sande, auch mit etwas Kochsalz vermischt, formen und brennen, und es kommt dabei darauf an, nach dem Brande eine poröse Masse zu erhalten, welche immer gerade so viel Wasser, und nicht mehr, durch sich hindurchläßt, als auf der Oberfläche des Gefäßes beständig fort verdunstet. Dringt mehr hindurch, so verliert man vom Wasser mehr als nöthig; und dringt zu viel heraus, so wird das Innere minder abgekühlt. Nach *Sal-lior* sollen die *Alcarazzas* in *Madrid*, wenn die Temperatur der Luft  $30^{\circ}$  beträgt, ihr Wasser bis auf die Temperatur in Kellern abkühlen, welches denn doch wenigstens eine Abkühlung von 15 bis  $20^{\circ}$  betragen würde.

*Fabroni* setzte im Jahr 6, am 30sten *Messidor*, 3 *Alcarazzas*, welche beinahe 50 Pfund Wasser enthielten, und zugleich kupferne Gefäße von demselben Inhalte, an die freie Luft, um die Verdunstung in ihnen zu vergleichen. Die Temperatur der Luft war  $17^{\circ}$  nach *Reaumur*; das Wasser in den kupfernen Gefäßen nahm sehr bald dieselbe Wärme an; das in den *Alcarazzas* erhielt sich aber immerfort auf  $13^{\circ}$ , also in einer Temperatur, die um  $4^{\circ}$  geringer als die Luft war. Ihre äußere

Oberfläche war vom durchsickernden Wasser gänzlich feucht, und ungeachtet die Luft nur sehr wenig vom Winde bewegt wurde, so geschah das Verdunsten doch ziemlich schnell und häufig.

Dieser Versuch zeigt, was man von der Abkühlung dieser Gefäße bei uns zu erwarten hat. Wer auch nur ein Pfund Eis täglich seinem Getränke beimischte, würde eine grössere Abkühlung als um 4° zuwege bringen. Doch liesse sie sich durch einen Luftzug unstreitig noch weiter treiben. \*)

\*) In Hindostan wissen sich die Einwohner gerade auf dieselbe Art künstliches Eis, und während der heissesten Hitze Kühlung in ihren Zimmern zu verschaffen. Nach Williams Nachricht, über die Art, wie man bei Benares Eis verfertigt, (*Philos. Tr.*, 1793, p. 56, 129.) werden dort auf einem planirten, etwa 4 Morgen grossen Orte, der 4 Zoll hoch mit Stroh belegt ist, an hunderttausend flache, unglazirte irdene Pfannen neben einander gesetzt, die so porös sind, daß hineingegossnes Wasser sogleich hindurchsickert und sie äusserlich befeuchtet. Dreihundert Menschen sind beschäftigt, sie des Abends mit Quellwasser zu füllen, und des Morgens um 5 Uhr die gebildete Eiskruste heraus zu nehmen. Butter, womit man das Gefäß beschmiert, hindert das Eis, sich an das Gefäß fest zu setzen, welches ohnedies dabei zerbrechen würde. Das Stroh muß vollkommen trocken seyn, sonst vermindert es die Eisbildung. Die Luft ist in der Nacht gewöhnlich

Darcey, der die Masse dieser Gefäße chemisch untersucht hat, fand, daß sie Kalkerde, Thonerde und Kieselerde, in fast gleichen Antheilen, und etwas Eisen enthalten. Daß man ihnen Kochsalz bei-

sehr ruhig, gegen Morgen aber erhebt sich oft ein angenehmes Lüftchen. Gewöhnlich fand Williams, daß ein Fahrenheitisches Thermometer, welches er auf das Stroh legte, Morgens zwischen 5 und 6 Uhr, wenn die Kälte am größten ist und sich oft  $\frac{1}{2}$  Zoll dickes Eis gebildet hatte, auf 37 bis 40° stand, indess die Temperatur der Luft nach einem andern Thermometer immer 4° höher war. Hatte ein Wind die Eisbildung verhindert, so hatten beide Thermometer gleichen Stand, und fiel das Thermometer auf dem Stroh unter 35°.

Am 30sten April 1793 schöpfte er aus einem 60 Fuß tiefen Brunnen Wasser, dessen Temperatur er auf 74° fand, und füllte damit zwei solche neue und unglasirte, und zwei alte Töpfe mit verschlossenen Poren. Als sie 3 Stunden lang, von 2 bis 5 Uhr Abends, bei einem heißen Westwinde im Schatten gestanden hatten, wo das Thermometer 95° zeigte, hatte das Wasser in den alten Töpfen 84°, nach 4 Stunden schon 88°, in den neuen immer nur 68° Wärme. Bei einem zweiten Versuche mit ihnen, am 1sten Mai, als das Thermometer in der Sonne auf 110°, im Schatten auf 100° stand, hatte das Wasser, 4 Stunden lang einem heißen Winde ausgesetzt, in den alten Töpfen 97°, in den neuen wiederum nur 68° Wärme.

Den 16ten Mai 1793 stand das Thermometer um 2 Uhr Nachmittags bei heißem Westwinde in der Sonne auf 118°, im Schatten im Winde auf

mische, um sie poröser zu machen, scheint Fabbroni unwahrscheinlich, und bei einer Erde, die im Brande schon an sich porös genug wird, ganz überflüssig zu seyn. Dergleichen Erde ist die, aus welcher Fabbroni schwimmende Steine, (*des briques flottantes*,) im Toskanischen gemacht hat, die sich in Frankreich häufig findet, und die er, wegen ihrer völligen Aehnlichkeit mit Mehl, *Erdmehl* nennt. Sie enthält in 100 Theilen 55 Theile Kieseelerde, 15 Theile Talkerde, 12 Theile Thonerde, 3 Theile Kalkerde und 1 Theil Eisen. Mischt man mit ihr gewöhnlichen Thonmergel, so erhält man Gefäße, welche ganz die Eigenschaften der Alcarazzas haben. Eben so giebt das Erdmehl, unter gewöhnlichen Töpferthon gemischt und dann gebrannt, sehr gute Filtrirsteine.

110°, im Zimmer, wo vor Thüren und Fenstern Matten hingen, die man mit Wasser besprengt, (*Tatties*.) nur auf 87°. Den 7ten Jun. 113°, 104°, 83°. Der Grad der Erkältung soll desto größer seyn, je heißer der Wind ist, der durch die Tatties durchstreicht.

Sind die Poren alter Alcarazzas mit Selenit, der sich beim Verdunsten absetzt, verstopft, so lassen sie sich, wie Guyton bemerkt, leicht wieder in brauchbaren Stand setzen, wenn man sie nur eingemahl in kochendes Wasser taucht. d. H.



## VII.

## ERKLÄRUNG

einer optischen Erscheinung, welche ins  
Wasser getauchte Gegenstände verdoppelt zeigt,

von

H Ä L L S T R Ö M,

Lehrer der Physik zu Abo. \*)

In der Lehre von der *Beugung des Lichts*, worunter man die Eigenschaft desselben versteht, dass es, wenn es nahe an Körpern vorbeigeht, von seiner geraden Richtung abgebogen wird, stößt man noch auf viel Unausgemachtes, und darf diese Materie noch nicht als beendet ansehen. Es ist daher kein Wunder, wenn der Beugung Erscheinungen zugeschrieben werden, welche sich aus andern Eigenschaften des Lichts glücklicher erklären lassen. Zu diesen zählt man wohl mit Recht die Verdoppelung einer ins Wasser getauchten Nadel, welche der berühmte Herr Prof. Klügel zuerst beschrieben hat: \*\*)

\*) *Dissertatio physica, continens explanationem Phaenomeni optici, quo obiecta, aquae submersa, duplicata conspiciuntur. Auctore M. Gust. Got. Hällström. Phys. Doct. Aboe 1797. Ausgezogen von Herrn Adj. Droyßen in Greifswald.*

\*\*) *Priestley's Geschichte der Optik, aus dem Englischen übersetzt von Klügel, Leipzig 1776, 1. Th., S. 397.*

„Eine Tafel,“ sagt er, „auf der 2 Nadeln senkrecht befestigt sind, werde so ins Wasser getaucht, daß die obere Nadel die Oberfläche des Wassers berühre. \*) Darauf bringe man das Auge mit dieser Nadel und dem Bilde darunter in eine gerade Linie, so wird das Bild gespalten erscheinen. Hält man das Auge etwas von dem Brette abwärts, so erscheint das Bild wie eine Gabel, deren Zacken weit feiner sind, als der Stiel. Wo die Zacken sich krümmen und in den Stiel zusammenlaufen, welches neben dem Knopfe der obern Nadel geschieht, erscheint ein feiner hellrother Streifen auswärts. Bewegt man das Auge nach dem Brette hin, daß sich der Kopf der untern Nadel dem der obern nähert; so verliert sich der Stiel der Gabel und die beiden Zacken laufen oben in einen halben Kreis zusammen. Die scheinbare Entfernung des gespaltenen Bildes von

\*) Herr Professor Klügel bediente sich dazu zweier Stecknadeln, die man sich z. B. auf einen Pappdeckel beide senkrecht gesteckt, denke. Dieser Deckel wird senkrecht ins Wasser gelassen, so daß beide Nadeln horizontal unter einander liegen, und die obere das Wasser berührt, die untere im Wasser liegt. Unter gewissen Umständen wird dann der Stiel der Nadel verdoppelt, und von dieser Verdoppelung ist im Folgenden die Rede. Das Bild des Knopfs wird auf eine zusammengesetztere Art verändert, wovon die Bemerkung am Ende des Aufsatzes spricht.

J. H.

„der obern Nadel schien mir eine gute Linie groß,  
 „Sobald man die obere Nadel das Wasser nicht  
 „berühren läßt, fallen alle diese Erscheinun-  
 „gen weg.“

Nach dieser Erzählung will Herr Klügel den Grund dieser Erscheinung mit wenig Worten andeuten, indem er sagt: *er sey offenbar in der Beugung des Lichts zu suchen.* Da ich aber glaubte, daß dies zum Verständnisse der Sache nicht hinreiche, und da, wie Herr Klügel selbst versichert, außer ihm niemand diese Erscheinung beschrieben, viel weniger erklärt hat; so stellte ich einige, diesen Gegenstand betreffende Versuche an, von denen ich hier Rechenschaft ablegen, und woraus ich einige Schlüsse über die Natur und den Grund dieser Erscheinung ableiten will.

Vor allen Dingen schien es mir nothwendig, auf die Bedingungen zu sehn, unter welchen diese Erscheinung beobachtet wird, und auf die Umstände, von welchen sie vorzüglich abhängt. Ich ließ zuerst eine trockne Nadel das Wasser berühren: da ich aber die Erscheinung nicht gewahr werden konnte, und nur die obere Nadel die untere, ins Wasser getauchte, zu decken schien; so stellte ich das beobachtende Auge in *einer* Ebene mit den Nadeln; drückte das Brett, worauf die Nadeln befestigt waren, etwas nieder, so daß die Oberfläche des Wassers um die obere Nadel etwas concav ward, (welches, wie bekannt, vorzüglich dann der Fall ist, wenn man die Nadel etwas mit Fett be-

streicht.) \*) Allein auch so wurde ich die erwartete Verdoppelung nicht gewahr, erblickte vielmehr gar kein Bild, so lange das beobachtende Auge so gestellt war, daß eine gerade Linie, von demselben zur obern Nadel gezogen, gegen die Ebene durch die Nadeln, unter einem Winkel kleiner als 10 oder 12 Grad, geneigt war. Ich verwarf daher auch diese Stellung der Nadeln, als zu meinem Zwecke untauglich, drückte das Brett noch etwas tiefer nieder, so daß die obere Nadel ganz ins Wasser getaucht war, und nur ihre obere Seite die Wasseroberfläche berührte, sah aber nichts, als die obere Nadel, welche die untere zu decken schien.

Da die Erscheinung auf diese Art nicht hervorzubringen war, zog ich das Brett wieder in die Höhe, und zwar so, daß die obere Nadel mit dem Horizonte parallel war. Diese nass gemachte Nadel hob nun das Wasser in Gestalt eines Rückens mit in die Höhe, indem die benachbarten Wassertheilchen sich an die untern Theile der Nadel anhängten. Sobald dieses Erheben anfang, bemerkte ich auch die lange erwartete Verdoppelung der untern ins Wasser getauchten Nadel, und je höher ich das Wasser hob, um desto mehr entfernten sich diese beiden Bilder von einander. Dieser Bilder waren entweder zwei, oder sie liefen gegen das Ende der obern Nadel

\*) Conf. *Disertat. de aequilibrio corporum aquae innantium*, à clariss. Ep. Weigelio, 1766, Aboae, §. X, p. 21.

in einen Stiel zusammen, oder sie waren auch hier mit einem Halbkreise verbunden, je nachdem man das Auge in der Ebene durch beide Nadeln so stellte, daß eine gerade Linie, von dem Auge durch das Ende der obersten Nadel gezogen, die untere Nadel in einem Punkte zwischen ihrem Ende und dem Brette traf, oder ganz ausserhalb derselben fiel, oder selbst durch ihre Spitze lief.

Da aus diesen Versuchen erhellet, welche Figur die Wasserfläche haben muß, um die Erscheinung hervorzubringen, so wird es nicht schwer zu beurtheilen seyn, ob die Lichtstrahlen, welche von der untern ins Wasser getauchten Nadel ins Auge kommen, wenn sie bei der obern Nadel dicht vorbeigehen, so wie Herr Klügel meint, *gebogen* werden, oder ob sie nicht vielmehr beim Austritte aus dem Wasser in die Luft so *gebrochen* werden, daß sie ins Auge kommen, als gingen sie aus zwei verschiedenen Objekten aus. Die vier Lagen, welche die obere Nadel gegen die Wasserfläche nach und nach in den Versuchen annahm, sind so beschaffen, daß die Beugung des Lichts, die immer dieselbe bleibt, in allen diesen Fällen immer die nämliche Wirkung hätte hervorbringen müssen. Da nun die doppelten Bilder der Nadel nur Ein Mahl, in einer einzigen Lage gesehen wurden, so erhellet daraus deutlich, daß die Beugung des Lichts allein die erwähnte Verdoppelung nicht hervorbringen konnte. Ueberdies zeigen die Versuche deutlich, daß, so lange die Oberfläche des Wassers eben bleibt,

nichts anderes gesehen wird, als was auch ohne Wasser wahrgenommen werden müßte, daß aber, sobald die Figur der Wasserfläche verändert, entweder hohl, oder in Form eines Rückens erhoben wird, auch die Bilder der Nadel verändert werden, und zwar so, daß einzig und allein durch die erhobene Wasserfäule doppelte Bilder bemerkt werden. Da hieraus also erhellet, daß die erhöhte Figur des Wassers einzig zur Hervorbringung dieser Erscheinung wirke, so ist auch erwiesen, daß sie aus der Eigenschaft des Lichts folgt, welche bei veränderter Figur des Wassers verschiedene Bilder hervorbringt.

Ob die Brechung allein bei dieser Erscheinung wirkt, und ob sie dabei nicht zum Theil von der Beugung unterstützt wird, läßt sich folgender Maaßen aus den vorigen Versuchen beurtheilen. Die Lichtstrahlen, durch welche das Auge die beiden Bilder der untern Nadel sieht, gehn unter einigen Umständen bei der obern Nadel in einer Entfernung von beinahe 2 geometrischen Linien vorbei, eine Entfernung, welche grösser ist, als daß die Strahlen von der obern Nadel noch gebogen werden könnten. Denn aus du Tour's Versuchen erhellet, daß die Lichtstrahlen, die bei einem Körper vorbeigehen, nur in sehr kleinen Entfernungen von ihm gebogen werden können. \*) Hingen daher die

\*) *Mémoires de math. et phys., présentés à l'Acad. Roy. des Sciences, Paris 1768, Tom. V, p. 635,*

die doppelten Bilder von der Beugung des Lichts ab, so müßten sie entweder dicht neben der obern Nadel oder in einer sehr geringen Entfernung von derselben bemerkt werden, welches den Versuchen widerspricht, indem die kleinsten Entfernungen, bei welchen ich sie bemerken konnte, größer als 0,5 geometrische Linien waren. Du Tour bemerkte ferner, als er die Lichtstrahlen durch ein kleines Loch in ein finstres Zimmer neben einem Körper vorbei gehen ließ, daß dieselben so gebogen wurden, daß sie sich hinter dem beugenden Körper schnitten, und daher nach der Beugung ein verkehrtes Bild des Gegenstandes entwarfen. \*) Schwerlich lassen sich daher die obigen Erscheinungen der Beugung des Lichts zuschreiben.

Um ferner zu erfahren, ob ohne alle Beugung des Lichts ähnliche Erscheinungen durch die Brechung hervorgebracht werden könnten, verfertigte ich ein dreiseitiges Prisma aus Glasscheiben, einen Zoll breit, fügte sie mit Kitt zusammen und füllte es

No. 22. Du Tour machte die Erfahrung, daß die Atmosphäre oder jene feine Materie, von der er, um die Beugung des Lichts zu erklären, annahm, daß sie jeden Körper umgebe, von sehr geringer Ausdehnung sey. Conf. Newton's *Optik*, Lib. II, Obf. IV, wo die größte Entfernung des Strahls vom beugenden Körper  $\frac{1}{88}$  eines Zolls gefunden wird.

d. H.

\*) Am angef. Orte, p. 675, No. 94.

d. H.

Annal. d. Physik. 3. B. 2. St.

Q

mit Wasser. Ich brachte die eine Seite dieses Prisma mit der Oberfläche des Wassers, womit ein Gefäß angefüllt war, in Berührung, wobei sich das Wasser in Form eines Rückens in die Höhe heben liefs, und bemerkte nun, als ich das Auge in einiger Entfernung über das Prisma brachte, zwei Bilder eines Gegenstandes, der auf dem Boden des Wassergefäßes lag, durch jede über der Wasserfläche erhobene Seite des Prisma eins. Zwischen diesem Versuche und dem mit den Nadeln war noch das Aehnliche, dafs, so wie ich dort die Bilder der Nadeln dünner sah, als die Nadeln selbst, so auch hier der Gegenstand selbst breiter, als im Bilde erschien. So zeigte sich ein kreisrunder Gegenstand in der Form einer Ellipse, deren grösste Achse mit der Seite des Prisma parallel war.

Bei diesem Versuche wählte ich eine solche Entfernung des Gegenstandes von der Wasserfläche, dafs die Bilder durch die untersten Theile der Seiten, die über das Wasser erhoben waren, gesehen wurden, (d. h., durch die Theile, die am nächsten an die Verbindung dieser Seitenflächen mit der horizontalen Fläche waren, welche die Oberfläche des Wassers berührte,) oder auch so, dafs sie, wenn ich mein Prisma ein wenig niederdrückte, nahe bei den Oertern erschienen, wo die Oberfläche des Wassers mit den erhobenen Seiten des Prisma zusammenstiefs. Als ich diese Stellen an den Seiten des Prisma mit Papier überklebte, wurde ich keins von den vorher gesehenen Bildern gewahr.



Hieraus erhellet deutlich, dafs, wenn auch der ganze obere Theil des Prisma, wo die erhabenen Seiten verbunden waren, und wo die Strahlen eine Beugung hätten leiden können, gefehlt hätte, doch nichts desto weniger jene Bilder des eingetauchten Gegenstandes sich würden gezeigt haben, weil die Strahlen diese beiden Bilder schon eher darstellten, ehe sie bei der Verbindung der beiden Seitenflächen des Glases vorbeigingen. Die Wahrheit dieser Folgerung ward noch durch ein Prisma, dessen erhabene Seiten nicht verbunden waren, bestätigt.

Die Beugung des Lichtes trägt also nichts zur Hervorbringung dieser Erscheinung in den angeführten Versuchen bei, weil sie auch in dem Falle, wenn der Gegenstand, der die Lichtstrahlen beugen soll, ganz fehlt, eben so und unverändert bemerkt wird. Eben so konnte ich in dem Versuche mit den Nadeln durch ein kleines Stück Papier, das auf der Oberfläche schwamm, das Bild der untern Nadel verhindern, ehe die Strahlen bei der obern Nadel vorbeigingen; woraus sich schliessen läfst, dafs, wenn die obere Nadel ganz fehlte, und nur die erhabene Fläche des Wassers, so wie es an der Nadel hing, geblieben wäre, dieselben Erscheinungen würden wahrgenommen seyn. Man kann also *gar keine Beugung* hierbei als wirklich annehmen, und es leidet keinen Zweifel, dafs der Grund der erwähnten Erscheinung lediglich in der Brechung der Lichtstrahlen zu suchen sey. Wie sie aber durch die Bre-

chung hervorgebracht werde, das will ich nun entwickeln.

Wenn zwei Nadeln so gestellt werden, daß, wenn die eine unter Wasser getaucht wird, die andere horizontale einen Theil der Wasserfläche erhebt; so lege man durch die Nadeln eine senkrechte Ebene, deren Durchschnitt mit der obern Nadel den Kreis *AB*, (Tafel II, Fig. 8,) mit der untern den Kreis *CD*, und mit der erhabenen Wasserfläche die krummen Linien *BE* und *AF*, die gegen die untere Nadel convex sind, bildet. \*) Durch Versuche wissen wir, \*\*) daß diese krummen Linien dicht an *B* und *A*, wo die erhabene Wasserfläche mit der obern Nadel zusammentrifft, beinahe vertical, und bei einem Durchmesser des Durchschnitts der Nadeln *AB* und *CD*, die als cylindrisch und gleich dick angesehen

\*) Hier, so wie in der ganzen Abhandlung, ist immer nur vom Stiele, nicht vom Knopfe der Stecknadeln oder von Nähadeln die Rede, welches man hierbei nicht übersehen darf. Die Figur stellt einen Durchschnitt beider cylindrischen parallel liegenden Nadeln, senkrecht auf ihre Achse vor.

d. H.

\*\*) Wenn Wasser in einem durchsichtigen Gefäße enthalten ist, so daß das unter die Oberfläche gestellte Auge durch die Wände des Gefäßes auf dieselbe sehen kann, wird man am besten gewahr werden können, wie die Krümmung des Wassers, wenn es durch das Anhängen an die Nadel gehoben wird, beschaffen ist.

Hüllstr.

werden; von 0,2 geometrischen Linien; gegen  $E$  und  $F$ , in der Entfernung von ungefähr 4 geometrischen Linien von der geraden Linie  $OIR$ , die durch die Mittelpunkte dieser Durchschnitte geht, beinahe horizontal sind. Es seyen  $D$  und  $C$  zwei Punkte des Kreises  $DRC$ , die einander beinahe gegen über stehen, und auf entgegengesetzten Seiten der Achse  $OIR$  so liegen, daß die Lichtstrahlen, die aus ihnen ausgehn und gebrochen ins Auge  $O$  kommen, (wovon wir gleich reden werden,) den Kreis  $DRC$  berühren, und also die beiden äußersten, die von diesem Kreise aus ins Auge kommen können.

Die Krümmung der Wasseroberfläche  $BE$  ist hiernach so beschaffen, daß einer von den aus  $D$  ausgehenden Strahlen, der nicht weit von  $E$  nach  $B$  zu auffällt, auf die Curve  $BE$  normal ist, und deshalb beim Uebergange aus dem Wasser in die Luft nicht von seinem geradlinigen Wege abgebrochen wird, mithin auch in der Luft von der Linie  $RIO$  divergiren muß. Nehmen wir nun an, daß dieser normal einfallende Strahl sich um  $D$  so drehe, daß der Punkt, wo er mit der krummen Linie  $BE$  zusammenstößt, gegen  $B$  zu rücke; so wird dieser Strahl immer stärker vom Einfallslothe abwärts gebrochen, statt daß er anfangs von  $IO$  divergirte, damit parallel und convergirend werden, und dabei der Punkt, wo er die Linie  $RIO$  durchschneidet, immer tiefer gegen  $I$ , und zwar um so viel schneller herabrücken, je mehr der Strahl und die

Linie  $IO$  convergiren. Kommt daher der Einfallstrahl dicht an  $B$ , so fällt auch der Vereinigungspunkt des gebrochenen Strahls mit der Achse  $IO$  dicht an  $I$ , da der Durchmesser der Nadel nur unbedeutend ist, bis endlich der gebrochene Strahl selbst mit der Nadel  $AB$  zusammenfällt. Das Auge mag also in einer beliebigen Entfernung über die obere Nadel, gleich viel in welcher, wenn es nur die Nadeln deutlich sehen kann, in der geraden Linie  $IO$  stehen, so erhält es immer einen Lichtstrahl, der aus  $D$  ausgeht und in  $BE$  gebrochen wird. Nun sey  $H$  der Punkt der gekrümmten Wasserfläche, von wo das Auge, das in  $O$  steht, den aus  $D$  ausgehenden Lichtstrahl zugebrochen erhält. Der Strahl  $DH$ , der in  $H$  aus Wasser in Luft tritt, muß dann vom Einfallslothe  $MN$  so abgebrochen werden, daß er in das Auge  $O$  einfällt, wenn der Sinus des Brechungswinkels  $NHO$  zu dem Sinus des Einfallswinkels in dem gegebenen Verhältnisse  $= 1 : m$  gesetzt wird. Der Strahl, der aus  $C$  parallel mit  $DH$  ausgeht, wird stärker als  $DH$  gebrochen, muß also von  $HO$  nach der Brechung auf der Wasserfläche divergiren, und daher in einem Punkte zwischen  $I$  und  $O$  die Linie  $IO$  treffen. Dagegen wird der Strahl, der von  $C$  nach  $H$  gelangt, in  $H$  wegen seines kleinern Einfallswinkels weniger als  $DH$ , folglich so gebrochen werden, daß er den Strahl  $DHO$  in  $H$  schneidet, vom gebrochenen  $HO$  auf die andere Seite divergirt und mit der Linie  $IO$  entweder über  $O$  hinaus, oder gar nicht zusammentrifft. Unter den

aus  $C$  auslaufenden Strahlen muß deshalb nothwendig irgend einer,  $CG$ , gegen  $DH$  so convergiren, daß er nach der Brechung in  $G$ , die Achse im Punkte  $O$  schneidet, mithin ins Auge fällt.

Aus ähnlichen Schlüssen läßt sich zeigen, daß die Strahlen, welche aus den zwischen  $C$  und  $D$  liegenden Punkten im Durchschnitte der untern Nadel  $CD$  ins Auge kommen, insgesammt auf die Wasserfläche zwischen  $G$  und  $H$  auffallen müssen, und zwar liegt ihr Einfallspunkt immer näher an  $G$ , je näher an  $C$  der Punkt ist, von wo der Strahl ausgeht. In derselben Ordnung, wie die Strahlen aus  $CD$  unter einander ausgehn, nimmt sie folglich auch das Auge aus  $GH$  auf, daher es durch  $GH$  das vollkommene Bild von  $CRD$ , aber nicht an dem Orte  $C$ , sondern in  $PQ$  bemerkt. Eben dies gilt von der andern Seite, wo das Auge das Bild von  $CRD$  nicht in  $C$ , sondern in  $UV$  sehen muß.\*)

- \*) Die Verdoppelung des Stiels beider Stecknadeln ist auf diese Art; allerdings sehr genügend bloß aus der Brechung der Lichtstrahlen an der erhobenen Wasserfläche erklärt. Was die Erscheinung des Knopfs der untern Nadel betrifft; so muß er, durch die Wassererhebung um den obern erblickt, aus denselben Gründen, um diesen in Gestalt eines Ringes erscheinen, (wie Klügel ihn in der That wahrnahm S. 236, Zeile 17, vergleiche S. 239, Zeile 2,) der, wenn man das Auge aus der geraden Linie durch die Mittelpunkte beider Knöpfe, vom Brette abwärts, bewegt, sich nach die-

fer Seite hin erweitert, nach der entgegengesetzten verengert, und so den Stiel zur feinzackigen Gabel abgiebt, die Klügel in dieser veränderten Lage des Auges bemerkte. Die Strahlen vom jenseitigen Theile des untern Knopfs und den daran stoßenden Theilen des Stiels gehn in dieser Lage des Auges so nahe beim obern Knopfe vorbei, daß sie allerdings gebogen werden können, und auf dieser *Beugung* beruht unstreitig die von Klügel bemerkte „Krümmung der Zacken, wo sie neben dem Knopfe der obern Nadel in den Stiel zusammenlaufen, und der feine hellrothe Streif auswärts, der sich in dieser Stelle zeigt.“ Auch schreibt Herr Professor Klügel in der angeführten Stelle die Erscheinung nicht bloß der *Beugung*, sondern einer *Beugung und Brechung* zu. d. H.

---

## VIII.

## BEOBACHTUNGEN

*über scheinbare Verdoppelung der Gegenstände für das Auge,*

von

L. A. von ARNIM.

Zufällig sah ich vor einiger Zeit nach einem Lichte durch eine Glasröhre, die an einer Seite weit war, auf der andern sich in eine enge Oeffnung endigte. Ich war sehr überrascht, als ich das andere Auge öffnete, das Licht verdoppelt und die beiden Bilder in beträchtlicher Entfernung von einander zu sehen. Vergebens bemühte ich mich, diese Erscheinung irgendwo aufgezeichnet zu finden; dies bestimmte mich, sie genauer zu betrachten.

1. Sie fand sich nicht bei einem leuchtenden Körper allein, sondern bei jedem andern. 2. Sie war nicht Folge eines mechanischen Drucks auf das Auge, denn ich konnte die Röhre zwei Fuß vom Auge entfernt halten, und die einzige begleitende Veränderung war, daß die Bilder näher an einander rückten. 3. Sie war nicht in der besondern Beschaffenheit einer Seite der Röhre gegründet, denn es hatte keinen Einfluß, wie ich auch die Röhre verschieben mochte. Auch in der Durchsichtigkeit lag es nicht, denn ich konnte sie unbeschadet von innen und außen mit Papier bekleben. Auch war diese Röhre nicht allein dazu geschikt, sondern je-

de andere, die nur etwa 2 bis 3 Linien im Durchmesser hatte. 4. Selbst die Röhre war nicht nothwendig, sondern wenn ich eine Oeffnung von einer Linie im Durchmesser in ein Papier schnitt, mit dem einen Auge durch dieses, mit dem andern unmittelbar nach einem Buchstaben sah, so erschien dieser verdoppelt. 5. Diese Erscheinung ist nicht vorübergehend, bedarf auch keines Kunstgriffs, um zu gelingen, und findet für beide Augen statt. 6. Das Bild in der Röhre liegt immer nach der Seite des Auges, welches nicht durch die Röhre sieht; und nimmt man zwei Röhren, eine vor jedes Auge, so scheinen sich die Röhren zu durchschneiden; und schliesse ich dann das rechte Auge, so verschwindet das Bild an der linken Seite, und umgekehrt. 7. Das Bild in der Röhre ist verändert, es ist trüber, und man setzt es daher in eine etwas grössere Entfernung. 8. Man zeichne zwei willkührliche Figuren in einer kleinern Entfernung von einander, als in welcher beide Augen von einander stehen, verdecke die nächste für das eine Auge durch ein Holzstück, die andere für das andere Auge durch ein zweites Holzstück, so wird, wenn immer nur ein Auge geöffnet wird, die erste Figur diesseits des ersten Holzstücks, die andere diesseits des zweiten liegen. Werden hingegen beide Augen geöffnet, so fällt die erste jenseits des ersten, die zweite jenseits des andern, und die beiden Holzstücke scheinen zusammenzufallen. 9. Einen Buchstaben sah ich durch ein Glas, welches etwa ums Doppelte



vergrößert, mit einem und zugleich auch mit dem andern unbewaffneten Auge an; es stellten sich zwei Bilder dar, von denen das vergrößerte nach der Seite des unbewaffneten Auges lag, ungeachtet es selbst, was merkwürdig ist, entfernter zu liegen schien als das andere. \*) 10. Ich wählte ein

\*) Da Schein fast ganz auf subjectiven Gründen beruht, und dabei so viel auf das Organ, auf Gewohnheit und Urtheil ankommt, so läßt sich davon nicht wohl etwas gemeingeltendes ausagen. Bekanntlich ist es eine der leichtesten Methoden, die Vergrößerung von Glaslinsen und Ferngläsern zu schätzen, daß man einen bequemen Gegenstand, besonders ein Ziegeldach, mit einem Auge durch das Fernrohr vergrößert, mit dem andern durch das unbewaffnete Auge sieht, die Grenze beider Bilder in einander fallend macht, und nun ihre Größe vergleicht. Wer sich nicht darauf geübt hat, dem verschwindet gewöhnlich das eine Bild, indem er das andere gewahr wird. Dunkler erscheint das vergrößerte allerdings nach Verhältniß des Quadrats der Vergrößerung; allein entfernter ist es mir deshalb nicht vorgekommen. Sonderbar, daß ich die vom Verfasser angegebenen Erscheinungen eines Lichts durch ein Stück einer Tabakspfeifenröhre gehörig, durch eine conische Glasröhre dagegen, nur ein einziges Mal auf einige Augenblicke wahrnahm, sonst durch sie immer nur ein Licht mit beiden Augen erblickte. Daß dabei nicht etwa ein Auge nichts sah, würde ich daraus schließen, daß bei dem Projektions-Mikrometer die Bilder des Netzes auf Oehlpapier, das man mit

um ungefähr eben so viel verkleinerndes Glas, und fand ebenfalls die Verdoppelung der Bilder; eben so lag auch jetzt das verkleinerte Bild auf der Seite des unbewaffneten Auges, und das verkleinerte Bild schien näher zu liegen. Unser Urtheil über die Entfernung in diesem und dem vorhergehenden Falle wird durch die Deutlichkeit bestimmt, daher das grössere doch entfernter schien. 11. Wenn ich dagegen durch eine sehr stark vergrößernde oder verkleinernde Glaslinse irgend etwas sah, so blieb nur Ein Bild, wenn auch beide Augen nach dem Gegenstande gerichtet waren, und ich konnte willkürlich bald das veränderte, bald das unveränderte Bild durch eine Veränderung, die, nach dem Gefühle, im Innern des Auges vorging, sehen.

Ich will mit der Erklärung dieser letztern Erscheinung anfangen: Wir sehen hier den Gegenstand durch die Wirkung der Glaslinse in einer von der wahren, (welche das andere Auge wahrnimmt,) verschiedenen Entfernung. Da nun das Bild eines entfernten Gegenstandes nicht so weit hinter die Krystall-Linse als das Bild eines nähern fällt, zum deutli-

dem linken Auge sieht, und z. B. des Mondes, den man mit dem rechten Auge durch das Fernrohr sieht, in eins zusammenfallen, und man den Mond auf dem Oehlpietere liegend zu sehn glaubt, wäre dieser Fall nicht von dem des Versuchs wesentlich verschieden.

d. H.

chen Sehen aber erfordert wird, daß die Spitze des Strahlenkegels auf die Netzhaut fällt, so hat die Kry-  
stall-Linse das Vermögen, welches Young \*) sehr  
scharfsinnig aus der faserigen Bildung derselben er-  
klärt, nach dem jedesmahligen Gebrauche ihre Krüm-  
mung zu ändern. Da wir aber wahrnehmen, daß alle  
andere innere Bewegungen des Auges, Stellung der  
Achse u. s. w., von beiden Augen zugleich und ge-  
meinschaftlich gemacht werden, so läßt sich auch  
auf ein gemeinschaftliches Zusammenziehen der  
Krystall-Linse schließen. Ist aber dies der Fall, so  
wird, nach dem oben angeführten Grunde, bei ei-  
nem beträchtlichen Unterschiede, der Gegenstand  
für das unbewaffnete Auge nicht sichtbar seyn, in  
so fern er es für das bewaffnete wird, und um-  
gekehrt.

Alle übrige Beobachtungen lassen sich eben so  
leicht aus angenommenen Bedingungen und Gese-  
tzen des Sehens und des Lichts erklären, aus der  
Beugung desselben und aus der Ortsveränderung der  
Gegenstände, die nicht im Horopter liegen. \*\*) Das  
Licht oder jeder andere Gegenstand, worauf wir  
sehen, liegt hier im Horopter, also alles andere dies-

\*) Gren's Journal der Physik, Bd. VIII, S. 415. A.

\*\*) Vergl. Smith's Optik, S. 43 u. folg. Ich brau-  
che wohl nicht zu erinnern, daß die dort ange-  
führten Beispiele vom Doppeltsehen nur eine  
der Ursachen mit den von mir beobachteten ge-  
mein haben, A.

seits oder jenseits; so auch die Röhre, das Glas, das Papier, durch welches wir den Gegenstand sehen. Die Deutlichkeit und Gröſse des Gegenstandes werden durch Beugung in der Röhre und im Papiere, durch Brechung im Glase verändert, der Gegenstand wird vergrößert oder verkleinert, dunkler oder heller. Die beiden Bilder sind daher verschieden, und wir müssen sie an verschiedene Orte setzen; da aber das mit bloßem Auge Gesehene im Horopter liegt, kann das andere nicht darin liegen, sondern es muß in der Richtung der ebenfalls nicht im Horopter befindlichen Röhre, Glases oder Papiers seyn, und wird so auf einen dem andern nicht correspondirenden Punkt der Netzhaut fallen. Hieraus scheint die Erklärung aller beschriebenen Versuche unmittelbar zu folgen.

Durch die Beugung an einem Körper, der nicht im Horopter liegt, läßt sich auch, wie ich glaube, die von Scheiner \*) zuerst beobachtete Erscheinung der Verdoppelung eines Lichts in demselben Auge, wenn man es durch eine Karte sieht, in welche mehrere Löcher gestochen sind, leichter als nach la Motte erklären. \*\*) Auch erklärt es sich, wie Rochon, \*\*\*) durch Zusammensetzung von Glasplatten von verschiedener Brechbarkeit, einen künstlichen verdoppelnden Krystall hat hervorbringen können, und warum Trunkene und andere, denen ein Auge voll Wasser

\*) Schottii *mag. univers.*, p. 37.

A.

\*\*) *Versuche und Abhandlungen der Gesellschaft in Danzig*, B. II, S. 290. Priestley's *Geschichte der Optik*, übersetzt von Klügel, S. 490.

A.

\*\*) *Crell's Neueste Entdeckungen in der Chemie*, Th. IX, S. 3 bis 6.

A.

steht, ohne Verrückung der Augenachse etwas doppelt sehen können.

In allen oben angeführten Fällen wurde ein Gegenstand immer von beiden Augen deutlich gesehen; es wurde auch der Grund gezeigt, warum er verschieden gesehen wurde. Dies ist der von Gassendi \*) und später von Herrn Mönnich \*\*) vertheidigten Behauptung der relativen Ruhe des einen Auges, wenn gleich beide nach Einem Gegenstande gerichtet sind, wenigstens in so fern entgegen, daß doch beim ersten Anschauen eines Gegenstandes beide Augen thätig sind. Sonst würde, wenn ich einen Gegenstand durch jene Röhre betrachte, und nun das andere Auge öffne, die Verschiedenheit nicht wahrgenommen werden können. „Wenn ich“, sagt Herr Mönnich, „beide offene Augen auf Einen und denselben Gegenstand richte, so ist die Richtung des einen Auges von der des andern verschieden.“ Das ist aber der Erfahrung gar nicht gemäß, nach welcher die beiden Augenachsen sich immer unter demselben Winkel nach einem Gegenstande richten.

Die Versuche, die Herr Mönnich anführt, beweisen alle nur, daß bei einigen Menschen der Fall ist, daß sie gewöhnlich nur mit Einem Auge sehn. Der erste Versuch, (S. 47,) über einen Gegenstand, der, von einem andern zwischen stehenden gedeckt, mit beiden Augen nicht gesehen wird, und hervortritt, wenn man ein Auge zumacht, der, wie er selbst sagt, nicht allen gelingt, hat keinem von denen, die ich um Wiederholung bat, gelin-

\*) Opp., T. II, p. 395.

A.

\*\*) Sammlung der deutschen Abhandlungen der Berliner Akademie, Berlin 1796, S. 46 bis 66.

A.

gen wollen. Wenn dabei nicht ein Irrthum statt gefunden, daß die Achse des einen Auges beim Zumachen des andern die Lage verändert, so ist wenigstens dieser Erfolg ganz subjectiv.

Eben so wenig läßt auch der Erfolg der Wiederholung der Janinschen Versuche eine allgemeine Folgerung zu. Janin \*) sah durch Brillen mit verschiedenen gefärbten Gläsern nach einem Gegenstande, und sah diesen in der Farbe, die aus dem Vorhalten beider Gläser vor Ein Auge entsteht: es wurde z. B. aus blau und gelb, grün; aus blau und roth, violett. Herr Walther \*\*) wiederholte diese Versuche mit gleichem Erfolge, aber Herr Mönnich sah immer nur Eine der beiden Farben, und höchstens nur einen vermisch gefärbten Ring. Ich habe jene Versuche ebenfalls wiederholt, und ein dem Janinschen völlig entsprechendes Resultat erhalten. So weit ich die Gegenstände mit beiden Augen sehen konnte, hatten sie die Farbe der Vermischung; das hingegen, was nur mit Einem Auge gesehen wurde, die Farbe des vorgehaltenen Glases.

Hieraus folgt, daß es noch völlig unerwiesen ist, daß-beim größten Theile der Menschen gewöhnlich eine relative Ruhe des einen Auges statt finde, daß vielmehr Versuche dagegen sind, daß hingegen die Versuche, die bisher zum Beweile gebraucht wurden, nur in der ausgezeichneten Beschaffenheit der Augen der einzelnen Menschen gegründet waren.

\*) Janin's Abhandlung über das Auge und seine Krankheiten, Berlin 1776, S. 38 u. 39. A.

\*\*) Deutsche Abhandlungen der Akademie zu Berlin, Berlin 1793, S. 3 bis 11. A.

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

## DRITTER BAND, DRITTES STÜCK.

---

### L

*Beobachtungen über die horizontale Strahlenbrechung bey irdischen Gegenständen und über die Vertiefung des Seehorizontes (dip of the sea)*

VON

JOSEPH HUDDART F. R. S. \*).

Da die Veränderlichkeit und die Ungewissheit in der scheinbaren Vertiefung des Seehorizonts unter dem wirklichen Horizont des Beobachters, (*dip of the sea*), bey verschiedenen Zuständen der Luft die Sonnen- und Sternhöhen, die auf der See beobachtet werden, und mithin auch die daraus berechnete Breite eines Schiffes, nicht wenig ungewiss macht, so hielt ich es der Mühe werth, die Materie, wo möglich, aufzuklären.

Ich habe oft bemerkt, dafs das niedrige Land und das Ende von Vorgebirgen aus einer gewissen

\*) Aus den *Philos. Transactions of the Roy. Soc. of London* for. 1797. P. 1. p. 29 — 42.  
Annal. d. Physik 3. B. 3. St.

Entfernung oberhalb derselben gesehn, über der See erhaben, und durch einen beträchtlichen Zwischenraum von ihr getrennt schienen. Den merkwürdigsten Anblick dieser Art hatte ich zu Macao, einige Tage vor einem Sturm (typhon), in welchem das Schiff auf der Rhede seinen Topmast verlor; nie sah ich das Land und die Gebirge so hoch über der See, und durch einen größern Zwischenraum von ihr getrennt.

Unstreitig geht bey dieser Erscheinung eine Brechung der Strahlen vor. Es scheint mir, daß die Luft, statt nach der Oberfläche der See zu stets dichter zu werden, alsdann von einer gewissen Höhe ab sich verdünne, wovon der Grund in den Dünsten, die aus der See aufsteigen, liegen mag, und daß dann der gebrochne Strahl auf die entgegengesetzte Art, wie gewöhnlich, d. h. herabwärts, gekrümmt wird. Vielleicht daß grade diese geringere specifische Schwere der Lufttheilchen unmittelbar über der See die wahre Ursach der ganzen Verdunstung ist. Die Lufttheilchen unmittelbar über dem Spiegel der See, schwängern sich bey ihrer Verwandtschaft zum Wasser, mit expandirten Wassertheilchen, und bilden luftförmige Dünste, die specifisch leichter als die trockne Luft sind, und deshalb in ihr aufsteigen. Indem sie in die Höhe schwimmen, geben sie den andern Lufttheilchen etwas von ihrer Feuchtigkeit ab, und werden dadurch endlich eben so trocken, und mithin eben so dicht, als die übrige Luft. Doch das



ist eine bloße Vermuthung, die ich nur beyläufig anführe \*).

Im Jahr 1793 hatte ich Gelegenheit zu *Allonby* in *Cumberland* eine ähnliche Beobachtung an dem Vorgebürge *Abbey-head* auf der gegenüberliegenden schottischen Küste (in *Galloway*) anzustellen. Mein Fenster lag ungefähr 50 Fufs über dem damaligen Spiegel der See, und 7 Stunden vom Vorgebirge. Etwas über eine Stunde weit erstreckte sich bis an die See eine dürre Sandfläche, die 3 oder 4 Fufs höher als die See lag, und über diese Sandfläche  $xy$  weg zeigte sich mir das Vorgebirge, wie es in Fig. 1. Taf. III. abgebildet ist. Nicht weit über dem Sande erschien in  $HO$  der Seehorizont. Die Sandbank  $d$  (hummock) existirte nicht wirklich, sondern war ein Theil des Vorgebirgs, welcher getrennt und einzeln, ziemlich hoch über der See, so dafs zwischen beiden ein freyer Zwischenraum blieb, zu schweben schien. — Als ich darauf ungefähr 25 Fufs herabstieg, so dafs die Sandfläche  $xy$  den scheinbaren Horizont abgab,

R 2

\*) Aus den Beobachtungen des Abbé *Grubers* und des Baudirector *Woltmanns*, die der Leser im nächsten Bande der *Annalen* in kurzen Auszügen finden wird, erhellt, dafs die Luft über dem Wasser schon dann, wenn das Wasser bloß stärker als die Erdoberfläche erwärmt ist, die geschilderte Beschaffenheit annimmt, welche aber allerdings durch den Umstand, den *Huddart* berührt, noch verstärkt werden kann. *d. H.*

war das ganze schwebende Gebilde, das ich von oben wahrgenommen hatte, verschwunden, und das Vorgebirge unterschied sich überall bestimmt von der Sandfläche.

Da sich dieses an einem Nachmittag ereignete, wo die Feuchtigkeit des Sandes größtentheils verflogen seyn mußte; so schliesse ich, daß wahrscheinlich die Verdunstung der See dicht über der Seefläche eine geringere Strahlenbrechung, als über dem Lande bewirkt habe, und daß, wenn dieses in dem Grade geschieht, daß ein Gegenstand, gleich *a*, über dem Horizonte völlig zu schweben scheint, vermöge dieser verringerten Strahlenbrechung von jedem Punkte des Gegenstandes zwey verschiedene Strahlenkegel in das Auge des Beobachters kommen, wovon der eine den Gegenstand über der punktirten Linie *AB* aufrecht, und der andre ihn zugleich unterhalb dieser Linie verkehrt zeigt, wie das bey der beschriebnen Erscheinung der Fall war. Und hierzu bilde ich mir folgende physikalische Theorie. Die Luft - oder Dunstschichten, die unmittelbar über der Seefläche ruhen, sind vermöge der aufsteigenden Wasserdünste stärker expandirt und dünner, als die darüber schwebenden, so daß die Dichtigkeit der verschiednen, unendlich dünnen Luftschichten von der See an, aufwärts, anfangs zunimmt, bis sie in irgend einer Schicht in geringer Höhe über der See, z. B. in der Fläche *AB*, am größten wird. Dann erst nimmt die

Dichtigkeit der höher liegenden Schichten, und zwar bis ins Unbestimmte ab. Diese *Fläche der größten Dichtigkeit* trennt daher von einander eine Folge entgegengesetzt liegender brechender Flächen, die unmerklich in einander übergehen, und deshalb schief einfallende Strahlen nach krummen Linien, den Gesetzen der Dioptrik gemäß, so brechen, daß sie nach den dichtern Flächen zu hohl sind\*).

Um diesen Grundstein der Theorie, die ich mir über die horizontale Strahlenbrechung irdischer Gegenstände bildete, wo möglich, durch Beobachtungen hinlänglich zu begründen, durchlief ich, wenn die Umstände diesen Erscheinungen günstig schienen, mit einem guten Telescop verschiedene Theile jener Küste, und fand, so selten es auch ist Gegenstände so nahe am Horizont, und in solcher Entfernung bestimmt begränzt zu sehn, doch Gründe genug zur Bestätigung meiner Erklärung.

Einst an einem schönen und heitern Tage, bey einem sehr leichten Winde, als grade das Land über der See zu schweben schien, erblickte ich aus meinem Fenster in einer Entfernung von ungefähr  $1\frac{1}{2}$  geogr. Meilen ein kleines Schiff von 20 bis 30 Tonnen, auf das ich sogleich, als auf den schicklichsten Gegenstand, der mir für diese Beobachtung bisher vorgekommen war, mein Fernrohr richtete. Das Fernrohr war 40, die Spitze des Mastes 35 Fuß über dem Niveau der See erhoben, das Barometer stand auf 29, 7 engl.

\*) Man vergl. Aufsatz IV. dieses Stücks am Ende.

Zoll, das fahrenheitische Thermometer auf  $54^{\circ}$ , und die Luft zitterte, durch das Fernrohr gesehn, nur wenig. Die zweyte Figur stellt dieses Schiff vor, wie es im Fernrohr vergrößert erschien, und wie ich es sogleich bey der Beobachtung, so genau als es durch bloßes Augenmaafs gesehn konnte, nachzeichnete. Von der Spitze des Mastes bis zur untern Segelstange (*boom*) hinab, war alles gut begränzt, und ich sah den Kopf und die Schultern des Steuermanns sehr deutlich; aber der Körper des Schiffes selbst erschien ineinander gezogen (*contracted*), verwirrt, und ohne scharfe Begränzung. Das umgekehrte Bild war dagegen wieder, von der untern Segelstange (*boom*) bis zur See herab, bestimmt begränzt, so dafs ich zwar den Steuermann darin nicht deutlich wahrnehmen konnte, wol aber eine schmale Oeffnung zwischen dem Mast und der obern Segelstange (*gaff*), unmittelbar über dem Seehorizonte. Wäre der Mast 10 Fuß kürzer gewesen, hätte etwa nur bis  $\gamma$  gereicht, so würde das ganze Bild über der See schwebend, und zwischen  $\gamma$  und  $d$  ein freyer Raum gewesen seyn. Das umgekehrte Bild war eben so breit, doch nur  $\frac{2}{3}$  so hoch, als das aufrecht stehende, wiewohl es mir während der Beobachtung, die ich eine Stunde lang fortsetzte, manchmal eben so hoch als jenes schien.

Die dritte Figur dient zur Erklärung dieser Erscheinung aus meiner Theorie. *A* ist das Fenster, aus welchem ich das Schiff *B* erblickte, *HO*

die nach der Kugelgestalt der Erde gekrümmte Meeresfläche,  $DC$  die von ihr gleich weitabstehende Fläche der größten Dichtigkeit in der Atmosphäre, und die Linien  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$ , bezeichnen den Weg der auf verschiedene Art gebrochenen Strahlenkegel, die vom Schiff in das Fernrohr gelangen.

Der Strahlenkegel, dessen Axe  $aa'$  ist, und der von einem Punkt bey dem obern Ende des Hauptsegels ausgeht, bleibt in seinem ganzen Wege über der Fläche der größten Dichtigkeit, und wird daher in eine krumme Linie gebrochen, die in ihrer ganzen Länge nach oben zu convex ist. Dagegen ist der Strahl  $dx$ , der von demselben Punkte aus nach der See zu herabfährt, anfangs zwar von  $d$  bis  $w$  auch nach oben zu convex; hier aber geht er durch die Ebne der größten Dichtigkeit, und weiter herab wird er auf die entgegengesetzte Art gekrümmt, so daß er von  $x$  bis  $y$  nach unten zu convex ist. Hier geht er zum zweytenmal durch die Fläche der größten Brechung, wird nochmals inflectirt, und kömmt aufwärts gekrümmt ins Auge.

Auch vom Endpunkte  $b$  der untern Segelstange gelangen zwey verschiedene Strahlenkegel ins Auge, deren Axen  $bb'$  und  $bc$  sind, die aber, weil der leuchtende Punkt nahe bey der Fläche der größten Dichtigkeit liegt, einen kleinern Winkel als die erstern miteinander machen. Der Strahl  $bb'$  bleibt anfangs der Fläche der größten Dichtigkeit fast parallel, und weicht nachher erst von ihr

ab, daher er anfangs fast gradelinig, nachher aber nach oben zu convex ist. Der Strahl *bc* ist von *b* bis *c* aufwärts convex, dann, von *c* bis *z*, so lange er unter der Fläche der größten Dichtigkeit bleibt, herabwärts gekrümmt, zuletzt aber von *z* bis zum Auge wieder aufwärts convex.

Nur wenn der eine Hauptstrahl durch ein Mittel geht, zu welchem der andere nicht kömmt, ist es möglich, daß aus demselben leuchtenden Punkte zwey Strahlenkegel von verschiedner Lage ins Auge gelangen. Die Theile des Schiffs, welche doppelte Bilder geben, müssen daher über der Fläche der größten Dichtigkeit liegen\*), weshalb

- \*) In diesem Fall nemlich, wo das Auge selbst über der Fläche der größten Dichtigkeit ist, Befände sich das Auge dagegen unter der Fläche der größten Dichtigkeit, so würden grade so nur von Punkten eines Gegenstandes unter dieser Fläche zwey verschiedene Strahlenkegel ins Auge kommen, und folglich doppelte Bilder erscheinen können. Statt daß jetzt der zweyte Strahlenkegel nach unten und zwar desto stärker gekrümmt ist, je höher, (bis auf eine gewisse Gränze) der leuchtende Punkt liegt, und dadurch ein zweytes verkehrtes Bild unter dem aufrechten hervorbringt; würde dann (wenn Auge und leuchtender Punkt unter der Fläche der größten Dichtigkeit liegen) der zweyte Strahlenkegel nach oben zu, und zwar desto stärker gekrümmt, je tiefer der leuchtende Punkt läge, und dadurch ein zweytes verkehrtes Bild über dem aufrechten erzeugt werden.

diese Fläche unterhalb der untern Segelstange fortging, und zur Zeit dieser Beobachtung höchstens 10 Fufs über die Oberfläche der See erhaben seyn konnte.

Da wo das aufrechte Bild mit dem verkehrten zusammenfällt, entsteht Undeutlichkeit, und das ist der Grund, warum der Körper des Schiffs sich im Fernrohr so verworren und schlecht begränzt zeigte, einige Theile aufrecht, andre verkehrt. Es sey z. B. die punktirte Linie *ii* ein Strahlenkegel, der von einem Punkte zwischen dem aufrechten und verkehrten Bilde ins Auge kömmt, z. B. vom obern Theil des Schiffskörpers, (denn der untere war nicht zu sehn)\*); so wird das verkehrte

Diese Spiegung aufwärts scheint zwar *Huddart* nie bemerkt zu haben, auch ist sie ein selteneres Schauspiel, als die Spiegung abwärts; doch sollen in den folgenden Stücken der Annalen mehrere Beschreibungen derselben folgen. Sie pflegt gemeiniglich so ungewöhnliche Erhebungen zu begleiten, dergleichen *Huddart* zu *Macao* wahrnahm, und ist am vollständigsten von *Vince* beobachtet worden, dessen Aufsatz ich auf das nächste Stück verspare. *d. H.*

- \*) Weil nemlich der obere Theil des Schiffs allein über der Fläche der größten Dichtigkeit hervorragte, der untere aber nicht, so wurden, wie *Huddart* es sich vorstellt, (S. 272) die Strahlen, die sonst vom untern Theil ins Auge gekommen wären, in ihrer Bahn unter der Fläche der größten Dichtigkeit aufwärts gebrochen, so daß

Bild nur dann sichtbar werden, wenn die Winkel  $aAd$ ,  $aAe$  gröfser als  $aAi$  sind. Denn sonst fällt es mit dem aufrechten zusammen, und der zweyte Strahlenkegel wird bloß dadurch merkbar,

ſie nach oben zu höhl wurden, und gingen darum alleſammt über das Auge fort. Oder vielleicht noch richtiger können wir uns dieſes folgendermaßen vorſtellen. Es iſt aus *Newtons* Verſuchen bekannt, daß bey Strahlen, die aus einem dichtern Mittel nach einem dünnern zu fahren, keine Brechung, ſondern eine Zurückwerfung ſtatt findet, ſobald der Einfallswinkel ſo groß wird, daß der Sinus des Ausfallswinkels, dem Brechungsverhältniß gemäß, größer als 1. werden müßte. Folglich werden von den untern Stellen des Schiffs, die zunächſt unter der Fläche der größten Dichtigkeit liegen, und von den zunächſt davor liegenden Theilen der See, gar keine Strahlen ins Auge gelangen; denn ſie gehn nicht in die dünnern höher liegenden Luſſchichten über, ſondern werden herabwärts zurückgeworfen. Dagegen ſpiegeln ſich die zunächſt über der Fläche der größten Dichtigkeit liegenden Gegenſtände, wie z. B. hier das Schiff und der Himmel dahinter, (wegen der großen Einfallswinkel ihrer Strahlen auf dieſe Fläche, bey der die Brechung in ein Zurückwerfen übergeht) in dieſer Fläche, wie in einem Spiegel. Daher das umgekehrte Bild des Schiffs unter dem Aufrechten, und die ſcheinbare Erhebung des aufrechten Bildes über dem ſcheinbaren Seehorizont, oder vielmehr die Vertiefung oder Senkung dieſes unter dem Schiffe, indem das Bild des Himmels an die Stelle der entferntesten Theile der



dafs er das Bild des erstern verwirrt. Daher kann kein verkehrtes Bild vom Segel erscheinen, wofern nicht die Axen der beiden Strahlenkegel,  $aa$ ,  $dd$ , die von demselben Punkte  $a$  ausgehen, unter einem Winkel ins Auge fallen, der grösser als die scheinbare Gröfse des Segels  $aAb$  ist. — Die Längen des aufrechten und verkehrten Bildes verhalten sich wie die Sinusse der Winkel  $aAi$  und  $iAd$ . Sind beide gleich, so ist  $aAd$  noch einmal so grofs als  $aAi$ , und dann verhalten sich die Sinusse der Winkel  $aAb$ ,  $aAc$ ,  $aAd$ , wie die Längen  $ab$ ,  $ac$ ,  $ad$  im vergrößerten Bilde des Schiffs Fig. 2.

See tritt. Grade so erklärt sich die Spiegelung aufwärts, falls die Gegenstände und das Auge unter der Fläche der grössten Dichtigkeit liegen. — Doch geht in der That bey beiden Phänomenen die *Refraction* in *Reflexion* und diese in jene so über, dafs sie sich aus keiner allein völlig genügend erklären lassen, sondern dafs dabey auf beide, und zwar besonders auf die Brechung der Strahlen gesehen werden mufs, wie *Huddart* dieses sehr richtig that. Aus der blossen *Refraction* liefs es sich z. B. gleich nicht erklären, wie das verkehrte Bild in Gröfse so veränderlich seyn, und oft nur  $\frac{2}{3}$  des aufrechten betragen könne; eine Beobachtung, die auch andre schon vor *Huddart* gemacht haben — Grade so wie *Huddart* beschreibt schon *Bäsch* dieses Phänomen an Schiffen auf der Elbe, in einem vor sechzehn Jahren gedruckten Werke, woraus in Aufsatz III ein Auszug folgt; nur dafs er es noch nicht aus den wahren Gründen erklärte.

d. H.

Dafs bey einem solchen Zustand der Luft aus jedem Punkte eines Gegenstandes, der mehr als  $z$ , aber nicht höher als  $a$  über der Erdoberfläche erhaben ist, wirklich zwey verschiedene Strahlenkegel ins Auge gelangen, dafür giebt die folgende Beobachtung über den Glanz von Lichtern, deren Strahlen nahe über dem Seehorizonte hinstreichen, den überzeugendsten Beweis.

Als ich vor fünf Jahren in der Trinity-Jacht mit einigen Altbrüdern der Lotsen den Canal hinunter segelte, um die Leuchtthürme zu besichtigen, erzählte man mir, dafs das untere Licht im Leuchtthurm von Portland nahebey schwächer, in einer grofsen Entfernung hingegen weit heller, als das obere Licht zu seyn scheine. Ich vermuthete sogleich, dafs der Grund dieser Erscheinung in der gröfsern Nähe des untern Lichts beym Seehorizonte liege, und fand bald Gelegenheit, dieses durch eigne Beobachtungen zu bestätigen. Die Nacht war helle, und es blies ein frischer Nordwind, als wir um die Spitze von Portland segelten. Anfangs schien das obere Licht, nach einstimmiger Meinung, am hellsten; als wir aber ungefähr 5 Seemeilen vom Leuchtthurm entfernt waren, und das untere Licht nun dicht über dem Horizonte stand, schien es plötzlich mit einem verdoppelten Glanze, und ein kurzlichtiger aus der Gesellschaft, dem beide Lichter schon eine Zeit vorher unsichtbar geworden waren, nahm nun wieder das untere wahr. Wir erkletterten den Mastbaum, aber ehe ich ihn bis zur Hälfte erstie-

gen hatte, war das untere Licht wieder schwächer als das obere; dabey erschien es vom Verdeck aus gefehn, immerfort in gleich hellem Glanze. Darauf verlohren wir es bald aus den Augen, und als nun auch das obere Licht zum Horizont herabgegangen war, glänzte es eben so außerordentlich, wie das vorige. Beym Ersteigen des Mastbaums verlohr es wieder eben so seinen Glanz, und vom Mastkorbe aus zeigten sich beide Lichter, das obere schwach, das untere im doppelten Glanze.

Dieser verdoppelte Glanz rührt von der zweyfachen Lichtmenge her, die, wenn das Licht dicht an den Horizont kömmt, von den beiden Strahlenkegeln erzeugt wird, die dann von jedem leuchtenden Punkte desselben ins Auge kommen. Man denke sich statt des Schiffs in Fig. 3. den auf der Küste stehenden Leuchthurm, und in *A* wiederum das Auge des Beobachters. Sobald das untere Licht so tief herabgekommen ist, daß man es durch den Strahlenkegel *aa'* sieht, erscheint im Horizonte ein zweytes Licht *x*, mittelst des Strahlenkegels *dd'*, und sicher würde ich damals deutlich zwey Lichter gefehn haben, hätte nur die Bewegung des Schiffs es erlaubt, mein Fernrohr zu brauchen. So wie das Licht tiefer nach *i* zu sinkt, nähern sich beide Bilder, fallen endlich bey verdoppeltem Scheine in einander, und verschwinden in *i* völlig unter dem Seehorizonte. — Doch falls die brechende Kraft der Dünste nicht so stark ist, daß die beiden Strahlenkegel *aa'* und *dd'* unter einem

Winkel größer als die doppelte scheinbare Größe der Lampen und des Reflectors ins Auge fallen, so vermischen sich beide Bilder, und der helle Glanz dauert eine kürzere Zeit über. Es würde daher interessant gewesen seyn, die Zeit, wie lange bey unsrer Fahrt der helle Glanz jedes Lichtes währte, zu beobachten; doch das geschah damals nicht, und seitdem habe ich nicht wieder Gelegenheit dazu gefunden. Indefs empfehle ich es den Seefahrern, von Leuten, die in verschiedner Höhe gestellt sind, ein Licht beobachten zu lassen, um es nahe am Horizont im größten Glanze wahrzunehmen \*).

\*) Diese so einfache Erklärung läßt sich, wie mich dünkt, ebenfalls auf den starken Glanz übertragen, den wir auch bey uns an entferntern hochstehenden Lichtern und an Sternen nahe am Horizonte wahrnehmen. An hellen Abenden ist auch über der Erdoberfläche die Ausdünstung so stark, daß dadurch dieselbe doppelte Brechung erzeugt werden kann. Wir sehn dann ein entferntes hochstehendes Licht zweyfach; und daher nicht nur eine noch einmal so große Helligkeit als sonst, sondern auch, weil die Strahlung beider Bilder in einander schwindet, einen Glanz von einem viel größern Umfang, der sich, besonders wenn das Licht hoch steht, durch ein Fernrohr gesehn, vielleicht in zwey Bilder auflösen möchte. Grade das scheint bey den Sternen der Fall zu seyn, die bey dem Auf- und Untergang sich dem bloßen Auge in ihrer Strahlung so sehr viel größer, als hoch am Himmel zeigen. Ferner ließe sich

Was nun noch die zuerst erwähnte Erscheinung des Vorgebirges *Abbey-head* betrifft, so erhellt aus dem Gesagten, daß die Bilder der niedrigsten Punkte des Landes, welches man über der See weg sieht, in der Linie *AB* Fig. 1. liegen; denn was darunter erscheint, ist das umgekehrte Bild. In der Linie *AB* sind die Bilder immer ver-

hieraus vielleicht die außerordentliche GröÙe des *aufgehenden Mondes*, die man zu Zeiten von Hügeln wahrnimmt, erklären; eine Erscheinung, die von der ganz verschieden ist, nach welcher Sonne und Mond (weil wir sie an einem eingedrückten Gewölbe zu sehn glauben) an GröÙe zunehmen, wenn sie sich dem Horizonte nähern. Nur bey gewissen Zuständen der Luft zeigt sich der Mond, wenn er an einem heitern Abend aufgeht, von einer Höhe herabgesehn, in einer so überraschenden GröÙe. Man sieht ihn der Verticallinie nach in die Länge gezogen; sein Licht ist matt, mehr röthlich als gelb, und er verliert diese GröÙe zusehends, so wie er den Horizont verläßt. Endlich möchte ich hierher auch eine von den sonderbaren Erscheinungen rechnen, woran der *Brocken* und andre gleich hohe Berge, bey dunstigem Himmel so reich sind. Ein glaubwürdiger Reisender erzählte mir nemlich beym Sonnenaufgang an einem wolkigen und dunstigen Tage zwey Sonnen gesehn zu haben, wovon sich die eine über dem Horizonte erhob, die andre hingegen, samt dem erleuchteten Gewölke umher, unter dem deutlich erkennbaren Horizonte zu stehn schien, (wie Fig. 7. es darstellt) und die beide bald verschwanden.

a. H.

wirrt und schlecht begränzt, die Begränzung von  $d$  ist verwischt, und oft erscheint das Vorgebirge bey der Vertiefung  $m$  ganz abgeschnitten, gleich einer Insel. Wo das Land flach ist, wie bey  $d$  und  $m$ , muß es über dem Seehorizonte schwebend erscheinen.

Es sey in Fig. 4.  $HO$  die gekrümmte Meeresfläche,  $d$  der höchste Gipfel eines Berges, der von  $A$  aus vermöge jener Strahlenbrechung gesehen wird, und die punktirte Linie  $cc'$  ein Strahlenkegel, der nicht über die Fläche der größten Dichtigkeit  $CD$  fortstreicht, so wird  $c$  der niedrigste Punkt des Gipfels seyn, von dem Strahlen ins Auge kommen. Denn die Strahlenkegel von niedrigeren Punkten, leiden in dieser Fläche eine entgegengesetzte Brechung, sind also in einem Theil ihrer Bahn aufwärts hohl, und gehn deshalb über dem Auge des Beobachters fort \*). Es sey  $AD$  die Tangente des Strahls  $cc'$ , in dem Punkte, wo er ins Auge fällt; diese Tangente liegt über der Bahn des Strahls, die ganz nach oben zu convex ist, und daher erscheint der Gipfel  $d$  durch die Strahlenbrechung nach  $D$  erhoben. Ist dagegen  $Ax$  ein Strahl, der vom äußersten Punkte der See ins Auge kömmt, so ist dieser nach oben zu anfangs hohl, zuletzt zwar convex, allein jenes mehr als dieses, daher die Tangente  $Av$ , unter welcher dieser Strahl ins Auge fällt, unterhalb  $Ax$  liegen, und so der scheinbare Seehorizont durch die Brechung erniedrigt

\*) Vergl. S. 265. Anmerk.

drigt werden wird. Der Raum zwischen beiden Bildern, dessen scheinbare Grösse  $DAv$  ist, wird offen, und daher  $D$  hoch über dem Meere zu schweben scheinen. Gesetzt, dicht über dem Gipfel  $d$  stehe ein Stern\*, so kommen auch von diesem zwey verschiedene Bilder ins Auge, und eins wird über, das andre unter der Sandbank  $D$  zu stehn scheinen.

Einft sah ich von einem erhabnen Standpunkte aus eine entfernte Landspitze oder ein Vorgebirge, in Gestalt einer graden Linie  $AB$ , Fig. 5., die mit dem Seehorizonte einen spitzen Winkel  $BAO$  bildete. Da die vorderste Spitze  $a$  schlecht begränzt und über der See erhoben schien, stieg ich herab, wobey zwar der Seehorizont  $HO$ ,  $HO$ , heraufrückte, die Landspitze  $a$ ,  $a$ ,  $a$ , aber stets dieselbe Lage gegen den Horizont, und dieselbe Gestalt behielt, obschon es nun gewiss war, das das Land in grader Linie  $AB$  bis unter den Seehorizont herabging. Wenn sich daher von einem niedrigen Standpunkte aus, das Vorgebirge durch ein Fernrohr, wie in Fig. 6, zeigt, so ist die Linie  $VI$ , welche parallel mit dem Seehorizonte  $HO$  durch den vordersten Punkt der Spitze geht, die unterste Gränze der aufgerichteten Bilder. Und ist  $ab$  eine die scheinbare Spitze im Punkte  $C$  berührende Linie, welche mit dem Horizont denselben Winkel macht, unter den in Fig. 6. das Land wirklich geneigt ist, so wird  $C$  der Punkt der grössten Brechung seyn, und die Höhe der grössten Dichtig-



kelt in der Luft angeben. Denn so lange die Strahlenbrechung nach unten zunimmt, muß die scheinbare Neigung des Landes  $CB$  gegen dem Horizont immer kleiner werden. In  $C$  wird sie nach unten zu plötzlich grösser, und deshalb ist dort die Fläche der grössten Brechbarkeit.

So glaube ich die verzogne Gestalt erklärt zu haben, unter der sich, bey starker Verdunstung, das Land dicht an dem Seehorizonte zeigt, und von der ich wenigstens, so oft ich mich eines Fernrohrs bediente, die Ansicht der Küsten nie ganz frey gefunden habe. Ich bezweifle daher sehr die Richtigkeit der Methoden, welche, um die Verbesserung wegen der irdischen Strahlenbrechung zu finden, einen gewissen Theil des Erdbogens zwischen dem Auge und dem Gegenstande zu nehmen lehren. Denn, obgleich die ganze Fläche  $\approx CB$  in Fig. 7. so gut als gleichweit vom Auge entfernt ist, so findet doch für alle übereinander liegende Punkte eine andre Strahlenbrechung statt; und eben-so wird bey Beobachtungen auf dem Lande, wenn die Strahlenkegel nahe über den Boden fortstreichen, die Brechung derselben durch die Verdunstung des Regens und des Thaus einer ähnlichen Abweichung unterworfen seyn, wie das durch die Beobachtungen des Capitain William's, Capitain Mudge's und Herrn Dalby's bey ihren Messungen hinreichend dargethan ist \*).

\*) *Philos. Trans.* 1795 p. 583. Der folgende Aufsatz enthält diese merkwürdigen Beobachtungen.



Ich habe bey meiner Theorie vorausgesetzt, daß jede Luftschicht in gleicher Höhe über der See durchgehends gleiche Dichtigkeit habe. Ist dieses nicht der Fall, so entstehen *besondere Brechungen*, die sich auf keine allgemeine Grundsätze zurückführen lassen. In diesen Fällen sind wahrscheinlich die Schichten, in denen die Luft gleiche Dichtigkeit hat, den Umständen nach, von gar verschiedner Gestalt, und verändern daher das Ansehn des Landes, den Gesetzen der Strahlenbrechung gemäß, auf eine mannigfaltige Weise, wie ich das oft bis auf einen Grad, der mich in Erstaunen setzte, wahrgenommen habe. So etwas beschreibt auch *Dalby* \*).

## S 2

- \*) Er erzählt am angeführten Orte S. 586 und 587. folgendes: „Im April 1793, als ich von *Freshwater Gate* auf der Insel Wight, nach *the Needles* ging, nahm ich eine sehr sonderbare Wirkung der irdischen Strahlenbrechung wahr. Gleich hinter *Freshwater Gate* erhebt sich der Boden sehr eben und sanft, 2 bis 3 engl. Meilen weit, und 1 oder  $1\frac{1}{2}$  Meilen jenseits steht westlich ein kleiner Hügel, dessen Gipfel so ziemlich in der Verlängerung der ansteigenden Ebene liegt. Indem ich auf diesen Hügel zugin, schien der Gipfel, der allein sichtbar war, auf eine wunderbare Art auf und nieder zu tanzen, welches offenbar durch die ungleiche Strahlenbrechung und die Bewegung, die ich im Gehen herauf und herunterwärts machte, bewirkt wurde. Näherte ich das Auge dem Boden bis auf zwey Fuß, so schien der Gipfel ganz abgelöst und über dem Fusse erhoben zu seyn, indem ich

Doch halte ich mich hierbey nicht auf, da meine Absicht hauptsächlich nur dahin ging, auf die Unzuverlässigkeit in der Lage und der Vertiefung des Seehorizonts (*dip of the sea*) aufmerksam zu machen, und zu zeigen, dafs, wenn das Auge nicht über der Fläche der grössten Dichtigkeit erhaben ist, der scheinbare Horizont durch die Einwir-

dann unter ihm den Himmel wahrnahm; und dieses beobachtete ich wiederholentlich. Es hatte stark gethauet, und die Sonne schien heisser, als es in dieser Jahreszeit gewöhnlich ist. Höchst wahrscheinlich waren die feuchten Dünste nahe an der Erde, über welche die Lichtstrahlen dicht fortstrichen, die vornehmste Urfach dieser seltsamen Brechung, worin mich folgender Vorfall bestätigt. Wir hatten bey dem Abmessen der Grundlinie von *Howthlow Heath* Nachmittags ungefähr 30 Pfähle, jeden 100 Fufs weit vom andern, in die Erde getrieben, so dafs ihre obern Enden im Nivellir-Fernrohre in grad der Linie erschienen. Am folgenden Morgen hatte es ungewöhnlich stark gethauet, und die Sonne schien hell. Als wir nun das Fernrohr wieder an derselben Stelle aufrichteten, schienen die obern Enden der Pfähle in einer krummen nach oben zu hohlen Linie zu liegen, die Köpfe der weitesten Pfähle am höchsten. Schon glaubten wir, sie fehlerhaft eingetrieben zu haben, als Nachmittags, nachdem die Ausdünstung vorbey war, die krummlinige Gestalt verschwand., Die Erklärung dieser interessanten Erscheinungen folgt sehr leicht aus des *Abbé Grubers* Versuchen, die ich in der Folge mittheilen werde, und mit denen man diese Erzählung vergleiche.

d. H.

kung der Verdunstung erniedrigt wird<sup>\*)</sup>, und daß daher wenig Hoffnung zu einer richtigen Corrections - Formel für diese Strahlenbrechung bleibt, man müßte denn die Veränderungen in der Verdunstung besser als bisher beurtheilen lernen. Barometer und Thermometer reichen dazu nicht hin, und selbst wenn das Hygrometer noch zu einem wahren Feuchtigkeitsmesser der Luft verbessert werden, und die Veränderungen derselben nahe über der See richtig anzeigen sollte (denn die Verdunstung ist in trockner Luft viel stärker als in feuchter); so würden wir doch noch nicht im Stande seyn, die Tafeln für die Tiefe des Seehorizonts (*tables of the dip*) hinlänglich zu verbessern.

Ich will daher zum Beschluß eine *Methode* mittheilen, der ich mich bediene, um den daraus entspringenden Irrthum bey der Bestimmung von Breiten zu vermeiden. Wenn ich z. B. die Breite eines Vorgebirges vom Schiffe aus genauer bestimmen will, so fange ich einige Minuten vor Mittage an, vom Hintertheile oder einem andern schick-

\*) Der Strahl wird nemlich unter der Fläche der größten Dichtigkeit herabwärts gekrümmt (*convex*), so daß die Tangente an jedem Punkte unterhalb der Bahn des Strahls liegt. Die Krümmung ist größer oder kleiner, je nachdem die Dichtigkeit der Luft von jener Fläche an, bis an die Erde, stärker oder weniger abnimmt, und das ist auch der Grund der so großen Veränderlichkeit der horizontalen astronomischen Strahlenbrechung.

lichen Orte des Schiffs aus, von wo der Horizont nach Süden und nach Norden frey ist, mit dem Hadleyschen Spiegelsextanten abwechselnd eine Reihe kleinster Abstände des untern Sonnenrandes vom südlichen Theile des Horizonts, und größter Abstände des obern Sonnenrandes vom nördlichen Theile des Horizontes zu nehmen. Der Kleinste unter den erstern, und der Größte unter den letztern, passen beide für den Durchgang der Sonne durch den Meridian. Verbessert man daher beide wegen der astronomischen Strahlenbrechung, (indem man von Ersterem die durch die Tafeln bestimmte Gröfse abzieht, zu Letzterem hinzufügt,) und bringt bey ihnen den Fehler des Index und den Halbmesser der Sonne gehörig mit in Rechnung; so ist die Summe der beiden verbesserten Abstände weniger  $180^{\circ}$ , gleich der doppelten Vertiefung des Seehorizonts (*dip*).

*Exempel.* Es sey die Abweichung der Sonne  $4^{\circ} 32' 30''$  nördlich; ihr Halbmesser  $15' 58''$ ; und man habe aus den Beobachtungen gefunden,

	südlich	nördlich
den Mittags-Abstand der nächsten Sonnenränder vom Seehorizonte	$78^{\circ} 36' 30''$	$101^{\circ} 1' 20''$
Refraction nach den Tafeln	— 11	+ 11
Fehler des Index	+ 1 32	+ 1 32
Halbmesser der Sonne	+ 15 58	+ 15 58

Verbesselter Mittags-Abstand des Mittelpunkts der Sonne vom Seehorizonte	78 53 49	101 19 1
	$180^{\circ} 12' 50''$	

Folglich die Vertiefung des Seehorizontes (*dip*)  $6' 25''$

Also die verbesserte Mittagshöhe der Sonne  $78^{\circ} 47' 24''$

Abweichung der Sonne nördlich 4 32 30

Aequatorhöhe 74 14 54

Breite des Schiffs nördlich 15 45 6

Es thut mir leid, daß ich diesem Aufsatze nicht die zu verschiedener Zeit von mir wirklich beobachteten Vertiefungen des Seehorizontes (*dip*) einrücken kann; denn ich zeichnete in mein Tagebuch bloß die berechneten Breiten, nicht die Beobachtungen selbst auf. Die drey Verbesserungen wegen der Vertiefung des Horizonts, des Indexfehlers und des Halbmessers der Sonne, haben

für beide Mittagsabstände stets gleiche Zeichen, und lassen sich daher in der Rechnung zusammennehmen. — Geht die Sonne nahe beym Zenith durch den Mittagskreis, so verändern sich die Azimuthe so schnell, daß es schwer wird die richtigen Mittagsabstände vom Süd- und Nord-Horizonte zu erhalten. Ist sie bey der Culmination über  $30^{\circ}$  vom Zenith entfernt, so reicht der Hadleysche Spiegelsextant nicht zu, und auch mit einem Hadleyschen Spiegel - Quadranten konnte ich dann den nördlichen Abstand nie mit einiger Zuverlässigkeit erhalten.

---

## II.

## BEOBACHTUNGEN

*des General Roy's, Dalby's und mehrerer Astronomen über die Grösse der irdischen Strahlenbrechung und die Vertiefung des Seehorizonts, mit Bemerkungen*

DES

HERAUSGEBERS.

In *C* (Taf. IV. Fig. 1.) der Mittelpunkt der Erde, so liegen die Linien *AD*, *BD*, welche in der Ebene *ACB* senkrecht auf die Endpunkte der Halbmesser *AC*, *BC* gezogen sind, im Horizonte der Beobachter in *A* und *B*, und der Winkel *DAB* oder  $\alpha$  ist die scheinbare Tiefe der Bergspitze *B* unter dem Horizonte in *A*, und eben so *ABD* oder  $\beta$  der Tiefenwinkel der Spitze *A* unter dem Horizonte von *B*. Diese beiden wahren (d. h. von der Strahlenbrechung unveränderten) Tiefenwinkel  $\alpha$  und  $\beta$  sind zusammengenommen dem äußern Winkel *EDB*, und folglich auch (da unter den vier Winkeln des Vierecks *ACBD* zweye, bey *A* und *B*, rechte sind) dem Winkel *C* gleich, welchen, als Winkel am Mittelpunkte, der zwischen beiden Standpunkten enthaltne Bogen *AB* eines größten Kreises misst.

Bestimmt man folglich für zwey Standpunkte *A*, *B*, durch genaue Messungen diesen Bogen *AB*, mithin auch den Winkel *C*, und die beiden Tiefen-



winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ; so muß allemal die Summe derselben (dieses Wort im allgemeinsten analytischen Sinne genommen) dem Winkel  $C$  gleich seyn. Dafs dieses bey zuverlässigen Messungen nie wirklich der Fall ist, liegt darin, dafs die Beobachtung nicht die wahren, sondern die durch die Strahlenbrechung veränderten Tiefenwinkel giebt. Zieht man daher die Summe der beiden Tiefenwinkel  $\alpha + \beta$  von  $C$  ab; so hat man den Effect der terrestrischen Strahlenbrechung für beide Beobachtungen in  $A$  und  $B$ , und in so fern man ihn für beide gleich groß nehmen darf\*), ist die Hälfte dieses Unterschieds,  $\frac{C - (\alpha + \beta)}{2}$ , die irdische Strahlenbrechung bey der Beobachtung. Sind  $\alpha$  oder  $\beta$  Höhenwinkel, so würden sie in dieser Formel negativ.

Dieses ist die Art, wie der General *Roy*, *Dalby* und die Capitains *Williams* und *Mudge* bey ihren trigonometrischen Messungen zur Aufnahme der südlichen Küste Englands, sich von der jedesmaligen Größe der terrestrischen Strahlenbrechung durch Beobachtungen zu versichern suchten, um mit Zuverlässigkeit, aus den gemessenen Höhen- oder Tiefenwinkeln, die Höhe jedes ihrer

\*) Eine Voraussetzung, die aber gewiß in den meisten Fällen, wo die beiden Tiefenwinkel  $\alpha$  und  $\beta$  ungleich sind, beträchtliche Fehler giebt, und worauf das eigentlich Willkürliche und Unerlaubte bey dieser Art, die irdische Strahlenbrechung in Rechnung zu bringen, be-



Standpunkte über dem Horizonte, des Meers, durch geometrische Mittel zu bestimmen. So z. B. war von *Dunnose* auf der Insel *Weigh* aus gemessen, der Tiefenwinkel eines Berges hinter *Portsmouth* (*Buster Hill*)  $6' 10''$ , umgekehrt der Tiefenwinkel, unter welchem *Dunnose* von diesem Berge aus erschien  $12' 36''$ , der gemessene Bogen zwischen beiden betrug  $23' 3''$ ; folglich, schlossen sie, war die terrestrische Strahlenbrechung in diesem Fall  $\frac{4' 17''}{2}$ , oder, wenn man noch eine Correction wegen der Lage des Fernrohrs mit in Anschlag bringt,  $2' 16''$ , d. h.  $\frac{1}{10}$  des zwischen den beiden Standpunkten enthaltenen Bogens; ein Schluss, der aber, da der letztere Tiefenwinkel mehr als noch einmal so groß als der erstere war, schwerlich so gradezu erlaubt ist. Auf diese Art bestimmten sie bey ihren Messungen für etliche vierzig Standpunkte die terrestrische Strahlenbrechung; Bestimmungen, die zur Einsicht in die Natur dieser Refraction von vielem Werth seyn würden, hätten sie dabey auf die Ungleichheit der Tiefenwinkel gesehen, welches indess vielleicht ein andrer Physiker thun kann, da sie die Akten ihrer Messungen dem Publikum ziemlich vollständig vorgelegt haben. Jener Bestimmungsart ge-

ruht. Denn wie sehr sich diese, unter übrigens gleichen Umständen, bey ungleichen Tiefenwinkeln ändert, davon werden wir in den folgenden hierher gehörigen Aufsätzen merkwürdige Beyspiele finden.

d. H.

mäfs fand General Roy die irdische Strahlenbrechung zwischen  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{24}$  \*), und die vorhin genannten Geometer, welche seine Messung fortsetzten, in den Jahren 1791 bis 1794 zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{18}$ , im Mittel auf  $\frac{1}{13}$  \*\*), und in den Jahren 1795 und 1796 zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{34}$ , im Mittel auf  $\frac{1}{13}$  des Bogens zwischen beiden Standpunkten schwankend \*\*\*).

\*) *Phil. Transact.* Vol. 80. p. 232.

\*\*) *Phil. Transact.* 1795. p. 584.

\*\*\* ) *Philos. Transact.* 1797. p. 584. — Aehnliche Beobachtungen, wie diese, führt schon Boschi bey seiner Gradmessung im Kirchenstaate an. Das Signal auf der Höhe von Carpegna erschien vom westlichen Endpunkte seiner Grundlinie bey Rimini aus, unter einem Höhenwinkel von  $2^{\circ} 7'$ ; und dieses Ende der Basis von Carpegna aus gesehen, unter einem Tiefenwinkel von  $2^{\circ} 24' 10''$ , giebt einen Unterschied von  $17' 10''$ . Der Bogen zwischen beiden Standpunkten betrug  $19' 11''$ , also die Strahlenbrechung etwas über  $1'$  oder  $\frac{1}{19}$  des übersehenen Bogens. (*Voyage astron. et geogr. dans les Etats de l'Eglise*, Paris 1770. p. 157.) Im Durchschnitt fand er für die irdische Strahlenbrechung  $\frac{1}{13}$  des Bogens zwischen beiden Standpunkten; dagegen le Monnier zwischen Meudon und Paris 2 bis  $3''$  auf 500 Toisen, oder ungefähr  $\frac{1}{13}$ , und Méchain bey den Messungen an der französl. Küste im J. 1787 (constamment)  $\frac{1}{13}$ . Gaultier de Kerveguen und Junker, die in den Pyreneen im J. 1786 viele Beobachtungen über die irdische

Mit Recht verwirft daher *Huddart* die bisherige Methode, die Gröſſe der irdiſchen Strahlenbrechung durch einen gewiſſen Theil des Bogens zu beſtimmen, der zwiſchen dem Standpunkte und dem geſehenen Orte enthalten iſt. Zu welchen Irrthümern das führt, dazu geben die angeführten engliſchen Geometer ſelbſt einige merkwürdige Beyſpiele. Von der Station bey Hamptoner Armenhauſe erſchien dem General Roy 1787 die Spitze eines Hügels, *St. Anns Hill*, unter einem Höhenwinkel von  $17^{\circ} 39''$ , und indem er die Strahlenbrechung zu  $\frac{1}{10}$  des überſehenen Bogens nahm, beſtimmte er daraus die Höhe des Hügels auf 321 Fuſs. (*Phil. Tr. Vol. 80. p. 232.*) Als man im J. 1792 denſelben Höhenwinkel noch einmal nahm, fand er ſich bey derſelben Lage des Instruments nur  $8^{\circ} 11''$ , die Strahlenbrechung aber, nach dem oben beſchriebnen Verfahren, auf  $\frac{1}{7}$  des Bogens zwiſchen beiden, woraus ſich eine Höhe von 240 Fuſs ergab. Einer Barometermeſſung zu Folge betrug ſie 233 Fuſs, — Eben ſo veränderte ſich auf *Rock's Hill*, bey Portsmouth,

Strahlenbrechung anſtellten, behaupteten, ſie betrage bey ſcheinbaren Höhen, die niedriger als  $1^{\circ}$  ſind,  $\frac{1}{8}$ , bey Höhen zwiſchen 2 und 30  $\frac{1}{11}$  des Bogens zwiſchen beiden Standörtern. Alle dieſe Beſtimmungen möchten aber wenig brauchbar ſeyn, da dabey nicht auf die Verſchiedenheit je zweyer zuſammengehöriger Höhen- oder Tiefenwinkel geſehen iſt. d. H.

der Tiefenwinkel von *Chanctonbury* zwischen  $1^{\circ} 41''$  und  $2^{\circ} 30''$ .

„Diese grosse Verschiedenheit beweist, folgen sie hinzu, das sich aus einem einzelnen Höhen- oder Tiefenwinkel nichts Sicheres über die gegenseitige Höhe verschiedner Stationen herleiten lässt. Diese bleibt selbst dann noch ziemlich misslich, wenn sie ein Mittel aus mehreren einzelnen Beobachtungen ist, und erhält nur durch rückseitige Beobachtungen, die an beiden Stationen genau zu derselben Zeit angestellt werden, Zuverlässigkeit.“ Und auch selbst dann wol nicht anders, als wenn die beiden Tiefen- oder Höhenwinkel nicht merklich verschieden sind. Denn sonst bleibt auch bey rückseitigen Beobachtungen die Refraction, und mithin die berechnete Höhe, etwas ungewiss, da wir die irdische Strahlenbrechung noch nicht genau genug kennen, um deshalb Correctionen anbringen zu können. — Die erwähnten Geometer hatten von jeder der drey Stationen, *Dunnoſe*, *Buſter's Hill* und *Rock's Hill*, den Tiefenwinkel der beiden andern gemessen, daraus die Strahlenbrechung zwischen je zwey, nach der gewöhnlichen Art, bestimmt, ( $\frac{1}{15}$ ,  $\frac{1}{12}$ ,  $\frac{1}{13}$ ), und die gegenseitige Höhe der Stationen berechnet. Daraus fand sich, wenn man die Beobachtungen von *Dunnoſe* aus zum Grunde legte, *Buſter's Hill* um 228 Fuß höher als *Rock's Hill*; hingegen aus den Beobachtungen zwischen den beiden Hügeln selbst ergab

sich dieser Unterschied nur auf 208 Fufs; eine Verschiedenheit von 20 Fufs, oder von  $\frac{1}{11}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Ganzen, die sich lediglich aus der unrichtigen Bestimmung der Strahlenbrechung bey ungleichen Höhen und Tiefenwinkeln, und bey ungleichzeitigen Beobachtungen erklären läfst. — Von der Verfiherungsbasis zwischen *Beacon Hill* und *Old Sarum* bey *Salisbury*, die beynahe 6' eines grössten Kreises der Erde betrug, lag das erstere Ende 429, 48 engl. Fufs höher als das zweyte. Von *Beacon Hill* aus betrug die scheinbare Vertiefung des andern Endes 42' 6"; von *Old Sarum* aus die scheinbare Höhe des Hügels 38' 42", woraus sich eine Strahlenbrechung für die erste Beobachtung von 38", für die zweyte Beobachtung von 50" ergab. Doch läfst sich darauf nicht ganz sicher bauen, da jeder Fehler von 2 Zoll im Unterschied der Höhen beider Stationen, in dieser Strahlenbrechung 1" Aenderung hervorbringen würde.

„Unsre Höhenbeobachtungen der verschiednen Stationen, sagen die erwähnten Geometer, wurden an bewölkten Tagen oder gegen Abend an gestellt, weil dann die Luft am wenigsten zu zittern pflegt.“ Diese Bemerkung giebt Aufschluß über die grosse Verschiedenheit, die sie in der irdischen Strahlenbrechung fanden. Denn grade des Abends scheint diese am stärksten und veränderlichsten zu werden, indess sie an umzogenen, wolki gen Tagen am kleinsten zu seyn pflegt, wie das

befonders aus *Büsch's* und *Wolmann's* Bemerkungen in den weiterhin mitzutheilenden Abhandlungen erhellt.

Dagegen wurde aus drey gegenseitigen Beobachtungen die Höhe von *Schooter's Hill* unweit *Woolwich* über dem Meer, zur Zeit der Ebbe, auf 446 Fuß berechnet, indess General *Roy* sie durch Nivellement auf 445 engl. Fuß bestimmt hatte. Auch scheint die Strahlenbrechung bey der scheinbaren Tiefe des Seehorizonts (*dip of the horizon*) nicht ganz so veränderlich als die auf festem Lande zu seyn. Die angeführten Geometer theilen darüber folgende Beobachtungen mit, dergleichen *Huddart* sich wünschte \*).

1792

\*) Der *P. Laval* fand die scheinbare Tiefe des Seehorizonts zu *Marseille* einmal  $11' 46''$ , ein andermal  $14' 30''$ , indess der gradlinige Lichtstrahl, der den Seehorizont berührte, mit der Horizontallinie nur einen Winkel von  $13' 14''$  machte. Folglich betrug die Vertiefung (*dip of the horizon*) einmal —  $1' 28''$ , das zweytemal  $+ 1' 16''$ , mithin im letzten Fall  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{11}$  des übersehenen Bogens. (*Mem. de Paris 1707. p. 195*). Dergleichen Beyspiele von Hebungen und Senkungen des Wasserhorizonts, werden wir in den noch mitzutheilenden Aufsätzen über diese Materie mehrere finden. d. H.

	bey ei- ner Höhe des Tu- bus über die Ebbe engl. Fuß	die scheinbare Tiefe des Seehori- zonts gen Süden	d'e Strahlen- brechung in Thei- len des über- schauten Bogens ( <i>dip of the hori- zon</i> ).
1792 den 10ten Jul. 10 Uhr M. war auf <i>Leith Hill</i> bey Guil- ford	993 $\frac{1}{2}$	30' 6"	$\frac{1}{15}$
— d. 2ten Sept. auf <i>Rook's Hill</i> bey Chi- chester	707 $\frac{1}{2}$	25' 30"	$\frac{1}{15}$
1794 den 11ten Apr. zu <i>Nine Barrow</i> <i>Down</i> bey <i>Poole</i>	647 $\frac{1}{2}$	24' 16"	$\frac{1}{15}$
1795 den 6ten Jun. 6 Uhr A. auf <i>Pils-</i> <i>den Hill</i> bey <i>Wey-</i> <i>mouth</i>	959 $\frac{1}{2}$	29' 29"	$\frac{1}{11}$
— d. 27ft. Jul. 6 Uhr A. zu <i>Haldon</i> bey <i>Topsham</i>		27' 30"	$\frac{1}{11}$

Bei den Messungen zur Bestimmung der Lage der Scilly- Inseln war die Luft so ungewöhnlich durchsichtig, daß man von der 415 Fuß über dem Meer erhabnen Station von *St. Bruynn*, nahe bey *Land's End*, auf der *St. Mary's* Insel, die 174890 engl. Fuß entfernt war, die exercirenden Soldaten durch das achromatische Fernrohr des großen Theodoliten wahrnahm.



## III.

## BEOBACHTUNGEN

über die horizontale Strahlenbrechung und die wunderbaren Erscheinungen, welche sie bewirkt,

vom

PROFESSOR BÜSCH

in Hamburg \*).

Wer an großen Seen oder Ebenen wohnt, oder längs derselben reiset, kann an hellen, doch et-

\*) Ein kurzer Auszug der Beobachtungen aus der ersten Abhandlung in *Jo. Geor. Büsch tractatu duo optici argumenti, Hamburgi 1783*, 132 S. 8. welchen man zum Vergleich mit *Huddarts, Monges, Ellicots, Latham, Vincens* u. a. Aufsätzen hier nicht ungern sehen wird. Herr Professor Büsch hatte sich in den Schriften der Physiker umsonst nach einer Beschreibung und Erklärung der sonderbaren Erscheinungen umgesehen, die zu Zeiten durch die irdische Strahlenbrechung bewirkt werden, und glaubte deshalb der erste zu seyn, der dieses leistete. Ist das nun zwar nicht in aller Strenge der Fall, da *Kircher, Boscowich* und andre, ähnliche Beobachtungen, wiewohl nicht so vollständig gemacht hatten, so bleibt doch Büschs Abhandlung nicht bloß durch die Menge interessanter Erfahrungen, die er darüber gesammelt hat, sondern auch als die erste merkwürdig, welche diese Materie gründlich behandelt. *d. H.*



was windigen Tagen sich das Schauspiel, von dem ich rede, nicht selten verschaffen. Er fasse das jenseitige Ufer, wenn es über eine halbe deutsche Meile entfernt ist, oder erhabne Gegenstände, die auf der Pläne in dieser Weite von ihm liegen, z. B. Bäume, Dörfer u. s. f. ins Auge, so wird er zu Zeiten zwischen dem Ufer und dem See, oder zwischen der Pläne und dem Dorfe eine weißliche, spiegelnde Ebene zu sehen glauben, die einer ruhigen Wasserfläche gleicht; und zwar nimmt der Fernsichtige mit bloßem Auge, der Kurzsichtige mit Hülfe eines Fernrohrs, unterhalb des Ufers oder des Dorfes, zugleich ein zweytes umgekehrtes Bild dem ersten ganz ähnlich wahr, gerade so, wie man es in nahen Wasserflächen sieht\*). Begiebt man sich dann auf einen etwas erhabnen Standpunkt, so verschwinden der scheinbare Wasserspiegel und die verkehrten Bilder, und man übersieht nun den See bis an das Ufer, oder die Pläne bis an das Dorf, das unmittelbar dahinter liegt. Verlaufen sich der See oder die Ebene bis in den Horizont, so gehört schon einige Uebung dazu, das Phänomen wahrzunehmen, indem man dann den scheinbaren Wasserspiegel für einen

## T 2

\*) Diese Beschreibung stimmt aufs beste mit der von *Huddart* überein, nur dafs dieser, der das Meer zugleich vor Augen hatte, sogleich einen offenen Raum zwischen dem Bilde und dem Horizonte erkannte.

Theil des Himmels hält. Gegenstände, die sonst unter dem Horizonte liegen, oder wovon nur ein kleiner Theil sichtbar ist, sieht man bey dieser Erscheinung beträchtlich über dem Horizonte hervorragen, und niedrige Hügel zeigen sich dabey wie hohe Berge.

Ich bemerkte dieses Phänomen schon in meiner Jugend bey den Ueberfahrten von Hamburg nach dem eine Meile entlegnen Harburg, wo mein Großvater lebte. Wenn der Wind die Wellen mitten im Strome ziemlich heftig um das Schiff bewegte, schien das Wasser am Ufer vollkommen ruhig zu seyn, gleich einer Spiegelebene. Dieses komme, sagten mir die Uferbewohner, von den Untiefen am Strande her; allein, wenn wir eine Höhe erstiegen, und von da nach dem entgegengesetzten Ufer sahen, war auch das Wasser voll Wellen.

Auf einer Reise, die mich vor zwanzig Jahren, durch die ebenen, ringsum unübersehbaren, Heidegegenden des Herzogthums Bremen führte, nahm ich dieselbe Erscheinung zum erstenmal über einer Fläche wahr, wo es weder Teiche noch Seen giebt. Doch bemerkte ich auch damals noch nicht die umgekehrten Bilder in dem scheinbaren Wasserspiegel. Diese von den aufgerichteten Bildern mit bloßen Augen zu unterscheiden, dazu gehört bey so entfernten Gegenständen viel Auf-

merksamkeit, und man muß darauf schon vorbereitet seyn.

Vor zehn Jahren besuchte ich häufig das angenehme Dorf *Neuensteden*, am Ufer der Elbe, von wo aus man die Marschländer mit ihren Deichen am jenseitigen Ufer in der Entfernung von  $\frac{1}{2}$  bis 1 Meile vor sich sieht. Hier zeigte sich mir das letzte Phänomen zum erstenmale. Ein auf einer Insel gelegner Bauernhof, *Rugenbergen*,  $\frac{1}{2}$  Meilen entfernt, bildete sich so deutlich im scheinbaren Wasserspiegel ab, daß im umgekehrten Bilde nichts fehlte, was man im aufgerichteten sah, selbst nicht die Farbe der Mauern; und durch einen kleinen sechszölligen Dollond, den einer meiner Freunde bey sich hatte, sah jeder aus der Gesellschaft die beiden Bilder. Der Fluß schlug Wellen, und war, von der Höhe gesehn, bis an das jenseitige Ufer in Bewegung. Einige Schiffe, die mit günstigem Winde bey diesem Gehöfte vorbeysagelten, schienen hoch in der Luft zu schweben, und zeigten sich gleichfalls im verkehrten Bilde sehr deutlich, wie dieses Taf. IV. Fig. 2 ungefähr darstellt.

Auf fünf Reisen, die ich seit 1775 meiner Gesundheit wegen anstellte, und von denen drey über das Meer gingen, hatte ich die beste Gelegenheit, mehrere Beobachtungen dieser Art anzustellen. Aus ihnen schloß ich, daß sich jenes Phänomen leichter bey hellem, als bey wolrigem

Himmel, öfter bey Ost- als Westwind, mehr vor als nach Mittage, und mehr bey warmer als bey kalter Luft ereignet. Doch müssen dabey noch andre Ursachen im Spiele seyn, da auch das Zusammentreffen aller dieser günstigen Umstände noch nicht hinreicht, das Phänomen zu bewirken, welches im Gegentheil nicht selten bey den ungünstigern Umständen eintritt.

Nie sah ich die Erscheinung vollkommner, als den 5ten Oktober 1779 in der Gegend von *Ottersberg*, 2 Meilen von *Bremen*. Die Stadt schien wie in Fig. 3 jenseit eines ruhigen Wasserpiegels zu liegen, und das umgekehrte Bild war so deutlich, als ich es nur je gesehn habe. Meine Begleiter hielten das Wasser für die Weser, erstaunten aber nicht wenig, als es verschwand, da wir den 6 Fufs hohen Ottersberger Damm hinaufahren, und nun eine grüne Wiese bis an die Mauern der Stadt erblickten. Das Barometer stand damals in Hamburg 28'' 6''' hoch.

Ich erinnere mich nur einmal aus einer beträchtlich größern Höhe dieselbe Erscheinung beobachtet zu haben, nemlich im August 1780 am Ufer des großen Wettersees in Schweden. Es war 6 Uhr Nachmittag, als ich das steile Ufer, nach *Jönköping*, welches am See liegt, herabstieg, und es wehte ein ziemlich lebhafter Wind. Als ich noch etwa 20 Fufs hoch über den See erhoben

war, endigte sich das westliche, bergige Seeufer, das sich linkerhand 1 Meile weit fortzog, mit einer in das Wasser vorspringenden Höhe. Der See selbst verlor sich in den Horizont. Der Fuß dieser Höhe schien über dem See, wie in Fig. 4 zu schweben, und zog sich mit einer bräunlichen Farbe im umgekehrten Bilde zum Seehorizonte herab.

Aus einem Fenster im Wirthshause zu *Corför* in Seeland, welches ungefähr 12 Fuß über dem Horizonte lag, zeigte sich die kleine, zum wenigsten 3 Meilen entfernte Insel *Sproe*, die mitten im grossen Belt liegt, so wie Fig. 5 sie darstellt, gleich einem Kegel über dem Meere schwebend, unter dem sich ein zweyter abgestutzter Kegel von derselben Farbe in umgekehrter Lage zeigte. Als wir Nachmittags über den Belt setzten, und uns der Insel näherten, verschwand der untre abgestumpfte Kegel, stieg aber bis zu derselben Höhe wieder an, als wir uns nach der entgegengesetzten Seite zu von der Insel entfernten. Ein heftiger Westwind trieb grosse Wellen, und es regnete eine halbe Stunde lang aus zerstreuten Wolken. Wenn ich in der Rückerinnerung die Höhe, in welcher die Insel über dem Horizonte zu schweben schien, mit dem Durchmesser des aufgehenden Mondes vergleiche, so möchte ich sie auf 3' schätzen. In Fühnen sah ich diese Erscheinung nicht, desto deutlicher und häufiger aber im

kleinen Belt, und in den sandigen Heideebenen Boden Schleswigs, indem die ganze Zeit über helles Wetter war. Als ich aber denselben Weg im August 1782 während einer regnigen und stürmischen Witterung machte, nahm ich davon nichts wahr, statt dafs ich das Phänomen vorhin fast überall, und ganze Tage lang gesehen hatte. Die Insel *Sproe*, zu der ich an dem einzigen hellen Tage kam, schien so niedrig, dafs ich fast gezweifelt hätte, dieselbe Insel als vor einem Jahre zu sehn, und ohne verkehrtes Bild.

Nur einmal erblickte ich etwas Aehnliches bey Nacht, den 16ten September 1777 auf dem Packetboote, womit ich aus England nach Holland übersetzte. Der Mond, der beynahe voll war, ging auf, wie ihn Fig. 6 zeigt. Als ich die andern Passagiers fragte, ob ihnen nicht etwas besonderes am Monde vorkomme, antwortete einer: „Meiner Treu, er gleicht einem umgestürzten Nachtgeschirr.“ Der Tag war sehr heiter gewesen, und der erste schöne nach einem dreytägigen Sturme aus Norden. In Hamburg stand damals das Barometer auf 28'' 3'''. Herr Professor *Kratzenstein* in Kopenhagen versicherte mir, neulich dieselbe Bemerkung auf dem Meere gemacht zu haben.

Auf einer Reise nach *Ritzbüttel* im Juni 1781 sah ich an einem heitern Vormittage, bey

leichtem Ostwind, überall an schicklichen Stellen, auf der weiten Ebene zwischen *Stade* und *Basbeck*, das zuerst erwähnte optische Phänomen; nicht aber am Nachmittage, wo es sich umzog und Abends etwas regnete. Auch am Ufer zu Ritzebüttel zeigte es sich nicht kurz vor, oder während des Regens; kam aber, als es klar ward, hier und da, doch undeutlich, zum Vorschein. Dieses dient den Einwohnern zum Kennzeichen der Witterung. Scheint nemlich das 4 Meilen entfernte Dithmarsische Ufer gleichsam aus dem Meere hervorzustei-gen, und höher als gewöhnlich zu seyn, so pflegt das trübe Wetter sich aufzuklären, und helles einzutreten; sinkt es, so kehrt trübes Regenwetter zurück. Den andern Morgen um 9 Uhr war das Ufer sammt dem verkehrten Bilde desselben zwar viel deutlicher zu sehn, aber ein Deich-Inspector verkündigte mir schlechtes Wetter, weil den Morgen, als sie an die Deicharbeit gegangen waren, das Dithmarsische Ufer so hoch geschienen habe, als wenn es hier am Deiche läge, nun aber sinke. In der That regnete es den ganzen folgenden Vormittag, während meiner Rückreise, und obgleich es sich um Mittag aufklärte, so sah ich doch nichts von der Erscheinung, da, wo ich sie auf der Hinreise fast überall wahrgenommen hatte. Man nennt hier dieses Phänomen gewöhnlich die *Kimmung*, an andern Orten, mit einem holländischen Ausdruck, *de Opduining* \*).

\*) Dieses Phänomen ist an vielen andern Orten eben so alltäglich als zu Ritzebüttel. So z. B.

Bey zwey Reisen nach *Dithmarsen* während heiteren Wetters, im Juli und October, sah ich mich auf den weiten Ebenen *Holsteins* vergebens nach dieser Erscheinung um. Als ich aber in *Glücksstadt* einen Kahn bestieg, und nach der See fuhr, zeigten sie die Ufer überall; indess sie in den Heidegegenden auch bey der Rückkunft fehlte. — Den 10ten September, als das Barometer 28<sup>''</sup> 4<sup>'''</sup> hoch stand, zeigte sich das Phänomen auf der *Harkersheide* im *Holsteinschen* gegen Abend,

wurde Herrn *Bäcker* erzählt, daß es auf der Insel *Neuenwerk* in der Mündung der Elbe schiene, als wenn das 6 Seemeilen entlegene *Helgoland* bald sich hebe, bald niederfinke; ein unterrichteter Landmann bey *Eiderstedt* in *Schleswig* versicherte ihm, er sehe von seinem Hause aus ein  $1\frac{1}{2}$  Meilen entferntes Dorf bald über dem Horizonte erheben, bald darunter versteckt, und Professor *Kratzenstein* in *Kopenhagen* wurde vom Observatorio auf seinem Hause zu Zeiten, besonders bey Westwinden, die 10 Meilen entfernte Insel *Moen*, mit ihren Kreideselfen gewahr, die sich indess immer bald wieder unter dem Seehorizonte verbarg. Nach *Martini's* Naturgeschichte von *Nordholland* scheint von *Enckhuysen* aus die 3 Meilen entlegene Insel *Urck* öfters aus dem Meere hervorzusteigen, und nach den *Mém. de Paris* 1722 S. 345 wird man von den Küsten *Genuas* und der *Provence* aus, zu Zeiten die Gebirge auf *Corfica* gewahr, die indess wenige Stunden nachher wieder verschwinden, und sich gleichsam in das Meer tauchen.



während eines leichten, doch ziemlich lange dauernden Regens, und den 23sten September, am Abend eines windigen und sehr regnigen Tages, als das Barometer auf 27" 4''' stand, glaubte ich es auch bey einem Spatziergang vor dem Theil des *Hamburger Walls* zu erblicken, von wo man die Ebene  $\frac{3}{4}$  Meilen weit überfieht. Ich war wenigstens 20 Fuß über den Strom erhoben, und hatte hier nie dergleichen gesehn, eilte daher sogleich nach dem Hafen, und liefs mich in einem Kahn auf die Elbe fahren. Allein weder hier, noch da ich auf den Wall zurückkam, fand ich die Kimmung; so dafs ich in diesem letztern Fall nicht für eine Täuschung gut sagen kann.

Die glücklichsten Umstände für diese Beobachtung fand ich im verfloßnen Jahre auf einer kleinen Seereise von Travemünde nach Kopenhagen, da wir bey ungünstigem und schwachem Ostwinde, zwischen den Meklenburgischen, Holsteinischen und Lalandischen Küsten hin und her segelten. Der 23ste Juli war ein sehr heiterer Tag, und während desselben zeigte sich überall die Kimmung in einer solchen Ferne, als es mir noch nie vorgekommen war. Wir waren um Mittag beym südlichen Vorgebirge Lalands, und erblickten von dort die 5 Meilen entlegnen Küsten *Femerns* und *Pommerns*. Ich war diesmal mit einem Fernrohr versehen; es zeigte mir, was ich noch nie wahrgenommen hatte, die Erscheinung verdoppelt, wie sie in Fig. 7 abgebildet ist. Das Ufer hatte einmal

das bey der Kimmung gewöhnliche Ansehn, schwebte über dem Horizonte, mit einem verkehrten Bilde darunter. Ueber dasselbe sah man einen weissen Streifen, oberhalb dessen sich ein zweytes bergiges Ufer zeigte. Vielleicht gehörte dieses letztere der Insel Rügen, die nach der Karte in grader Linie 3 Meilen hinter Femern liegen mußte. Den andern Tag ging der Wind nach Südwesten über, und es stellte sich ein anhaltendes, unfreundliches Sturm- und Regenwetter ein, welches den ganzen Sommer über dauerte, und während dessen ich die Rückreise machte.

So weit die genauen und sehr schätzbaren Erfahrungen des Herrn *Busch*, die weiter nichts zu wünschen übrig lassen, als das er sich, gleich *Huddart*, stets eines Fernrohrs bey diesen Beobachtungen bedient hätte; sicher würden ihm dann noch mehrere merkwürdige Umstände aufgefallen seyn. In der Erklärung dieses Phänomens aus optischen Gründen, ist *Busch* nicht glücklich, daher ich sie übergehe. Wenn die Strahlenbrechung zunimmt, glaubt er, könnten Strahlen aus übereinanderliegenden Punkten dadurch in ihrer Krümmung so verändert werden, daß sie von einander weiter abzustehn schienen; allein der Theorie der astronomischen Strahlenbrechung nach mußte grade das Umgekehrte erfolgen. So wie alle Reflexion durch ein Abstoßen der spiegelnden Fläche gegen die Lichtkugeln bewirkt werde; so könne das bey sehr schief einfallenden Strahlen

auch bey der Erdoberfläche geschehn, und dadurch das verkehrte Bild und das ganze Phänomen bewirkt werden. An Verdünnung der Luft durch Wärme oder Dünste zunächst über der Erdoberfläche, dachte er noch nicht. Das Verdienst, der erste gewesen zu seyn, der die Erscheinung hieraus richtig erklärte, gebührt dem *Abbe' Gruber*, aus dessen Abhandlungen ich in einem der folgenden Hefte das Wesentlichste ausziehen werde.

## IV.

## BEOBACHTUNGEN

*besonderer Strahlenbrechungen*

VON

BOSCOWICH, MONGE und ELLICOT.

**B**oscowich scheint der erste Physiker gewesen zu seyn, dem die von Herrn Professor Bäsch so vollständig beschriebne Erscheinung aufgefallen ist. Er erzählt bey seiner Gradmessung im Kirchenstaate bemerkt zu haben, daß bey Süd- und Südost-Winden, die Gegenstände, die nahe über dem Meerewegesehn werden, merklich verengt scheinen. Die Spitzen der Inseln schwebten gleichsam über dem Wasser in der Luft, weil, wie er sagt, die Verengung desto stärker ist, je näher die Theile den bewegten Wellen liegen \*). Die Fahne (*la toile*) eines seiner Signale war von einem andern Standpunkte aus unsichtbar; stellte er sich ein wenig höher, so schien sie so eng wie eine Linie, und erweiterte sich, indem er höher stieg \*\*).

\*) Er scheint also auch schon das umgekehrte Bild mit wahrgenommen zu haben, hielt es aber nur fälschlich für eine Verlängerung des untern Theils des Objects. d. H.

\*\*) *Voyage astron. et geogr. dans l'Etat de l'Eglise, Paris 1770. No. 17.* In der ersten Lage scheint

\* \* \*

„In der zweyten Sitzung des National - Instituts der Wissenschaften zu *Cairo*, im vorigen Jahre, las *Monge* eine Abhandlung über das optische Phänomen vor, welches die französischen Seeleute *Mirage* oder *la terre se mire* nennen\*). Häufig scheint es, als wenn Schiffe, die man von fern auf dem Meere sieht, am Himmel ständen und nicht vom Wasser getragen würden. Ein ähnliches Phänomen überraschte die französische Armee *Bonaparte's* bey ihrem Marsch durch die Wüste. Jedes Dorf schien aus der Ferne gesehen auf einer Insel mitten in einem See zu liegen\*\*); je näher man an das Dorf kam, desto mehr zog sich die scheinbare Wasserfläche zusammen, und verschwand dicht beym Dorfe gänzlich. Dafür zeigte sich das Phantom um das folgende und das nächst vorhergehende Dorf.

*Monge* erklärt diese Erscheinungen, grade so wie *Huddart*, aus einer verringerten Dichtigkeit

das Auge dicht unterhalb der Fläche der größten Dichtigkeit gewesen zu seyn, und das Signal dicht darüber, so daß die Strahlen, die unter einem großen Winkel auf diese Fläche einfelen, zurückgeworfen wurden, nicht durchgingen. (S. 265. Anm.) Als es höher kam, wurde wahrscheinlich erst der oberste Theil, und so immer mehrers sichtbar. d. H.

\*) Aus der *Décade philosophique* An 7. no. 10. p. 3.

\*\*) Wahrscheinlich sahen sie also auch das verkehrte Bild; welches ihnen als Spiegelung im Wasser vorkommen mochte. d. H.

der untersten Luftschichten. In der Wüste rührt diese geringere Dichtigkeit von der höhern Temperatur der untersten Luftschicht her, die zunächst über dem brennend heißen Sande ruht. Auf dem Meere hat sie statt, wenn unter besondern Umständen, z. B. bey gewissen Winden, die unterste Luftschicht mehr wässrige Dünste, als die höhern Luftschichten aufgelöst enthält.

Alsdann werden die Lichtstrahlen, wenn sie von den untersten Theilen des Himmels auf die Fläche fallen, wo die dünnste Luftschicht mit den darüberstehenden dichteren zusammenstößt, nicht durch diese Fläche durchgehn, sondern wegen ihres grossen Einfallswinkels nach unten zurück, in das Auge des Beobachters geworfen werden. Dieser glaubte daher, falls er über nichts als Land wegfiel, etwas aufwärts, nach der Richtung dieser Strahlen hin, Wasser zu sehn. Auf dem Meere nimmt er es für den Himmel, und so glaubt er alle Gegenstände, welche über die Fläche, die dieser scheinbare Himmel einnimmt, hervorragen, am Himmel und in den Lüften schwebend zu sehn.,

Diese Erklärung berührt, wie man sieht, einen Punkt, den *Huddart* übersehn zu haben scheint, und den ich schon in der Anmerk. zu S. 265 nachgetragen habe; ist sonst aber bey weitem nicht so vollständig und genügend, als die des Englän-

Engländer, da, wenigstens in diesem Auszuge, das verkehrte Bild mit keinem Worte erwähnt wird, auch aus bloßer Zurückwerfung der Strahlen das Phänomen keineswegs genugthuend zu erklären ist.

\* \* \*

Eine besonders interessante Beobachtung dieser Art, der sehr ähnlich, welche *Huddart* zu *Macao* machte, (S. 258.) erzählt in den *Transactions of the American Philosophical Society Vol. 3. S. 62*, *Andrew Ellicot* in einem Briefe an den bekannten Physiker *Rittenhouse* zu Philadelphia, datirt Pittsburg den 5ten Nov. 1787. „Am 13ten des vorigen Monats, da wir am Ufer des Sees *Erie* standen, zeigte sich uns das sonderbare Phänomen, welches der Seemann *looming* nennt. Den Abend vorher sah man ein schönes Nordlicht, der Tag selbst war wolkig, doch ohne Regen. Als ich um 10 Uhr Vormittags am Gestade des Sees umherging, entdeckte ich nach der Gegend zu, wohin die sehr niedrige 25 engl. Meilen entfernte Landzunge *Presqu'isle* liegt; etwas, das wie Land ausah; Mittags war es noch sichtbarer, und man nahm durch ein gutes achromatisches Fernrohr deutlich Zweige von Bäumen wahr, und von drey Uhr Nachmittags an zeigte sich, bey gleich dunklem Wetter, die ganze Halbinsel beträchtlich über den Horizont erhaben; unsere ganze Compagnie sah sie mit Bewunderung. Dabey trat ein merk-

würdiger Umstand ein, von dem ich mich nicht erinnere, daß er schon irgendwo wäre erwähnt worden. Häufig erschien die Halbinsel verdoppelt, eine über der andern, und Wasser zwischen beiden. Bald waren diese beiden Bilder getrennt, bald fielen sie aufeinander, ungefähr wie die Bilder in Godfrey's Spiegel-Quadranten, wenn man den gehörig gestellten Index etwas bewegt\*). So sonderbar dieses auch scheint, so ist es doch in der That nicht auffallender, als die Verdoppelung im Isländischen Krytall. Am andern Tage war *Presqu'isle* wieder unsichtbar, und blieb es, so lange wir am See Erie standen.

Noch denselben Abend erhob sich ein heftiger Wind, der ungefähr 2 Striche westlich von Norden herblies, bis zum folgenden Abend immer zunahm, und vom 14ten bis zum 16ten Abends ununterbrochen mit einer unerhörten Gewalt forttobte, dergleichen mir noch nie vorgekommen war. Alle unsre Zelte wurden umgestürzt, und wir mußten uns gegen den Sturm

\*) Mehrere Beyspiele so ungewöhnlicher Hebungen weiter, sonst unsichtbarer Küsten, wird man im folgenden Stücke finden. Verglichen mit den dort mitzutheilenden Beobachtungen *Vince's*, stimmt dieses von *Ellicot* bemerkte Phänomen unter den dort abzubildenden Erscheinungen entweder mit der unter Fig. 5, oder Fig. 3 oder Fig. 1, und zwar aufs treffendste, zusammen.



durch Pfähle schützen, die in aller Eile nach der Windseite zu eingetrieben, und deren Zwischenräume durch Strauchwerk ausgefüllt, wurden. Während des Sturms schienen häufig kleine schwarze Wolken über dem See zu hängen, die sich nur mit geringer Geschwindigkeit bewegten, und manchmal verschwanden, ehe sie das Ufer erreichten. Die großen, uralten Bäume, welche man an den Canadischen Seen umgestürzt findet, beweisen, daß Orkane hier nichts Seltnes sind. Dasselbe bemerkt *Coxe* in seiner Reise nach Rußland, von den großen russischen Seen, welche furchtbaren Stürmen ausgesetzt sind.,,

Es ist, bemerkt *Nicholson* (in seinem *Journ. of nat. phil.* I. 152.) durch die Höhemessungen des General *Roy's* mit dem Barometer, und durch seine Versuche mit dem Makrometer oder Halleyschen Schiffsbarometer, in den *Philos. Transf.* Vol. 67, ausgemacht, daß feuchte Luft, durch Wärme stärker expansibel als trockne Luft, und mithin bey gleicher Temperatur dünner als diese ist. Ferner verhält sich nach der Tafel in *Newtons* Optik (Theil 3, Satz 10) das Brechungsvermögen der Luft zu dem des Wassers, insofern man beide auf gleiche Dichtigkeit reducirt, wie 4160 zu 7845. Diese und andre Thatfachen setzen es außer Streit, daß die Bahn des Lichts verschiedenen Veränderungen in der Luft, (besonders dicht über der Seefläche)

unterworfen ist, je nachdem es die Art und Umstände der Verdunstung, oder die Verdichtung der Luft, oder ein anderer Proceß im Dunstkreise mit sich bringt. Auch ist es höchst wahrscheinlich, daß sich zu Zeiten dicht über der See eine dünnere, die Strahlen weniger brechende Luftschicht bis zu einer ziemlichen Höhe bilden, und eine Zeitlang, ohne aufzusteigen, dort erhalten kann. Wenn dann aber der Ruhestand der Atmosphäre auf irgend eine Art aufgehoben wird, so entstehen begreiflich plötzliche und unregelmäßige Luftströme in den untern, und herabfahrende Stürme aus den obern Luftrevieren, welche alle sonderbaren Wirkungen der Typhone und anderer noch nicht gehörig beschriebener Erscheinungen hervorbringen können, woran die interessante tropische Inselgegend ostwärts von Sumatra so reich ist. • Etwas ähnliches zeigt das Mittelländische Meer, an den bewundernswürdigen Gebilden in der Straße von Reggio, die unter dem Namen der *Fata Morgana* berühmt sind (und die in dem folgenden Stücke der Annalen näher sollen beleuchtet werden).

V.

BEYTRÄGE

zur Lehre von der Wärme

in physikalischer und ökonomischer Rücksicht,

VON

GRAFEN VON RUMFORD,

in London<sup>\*)</sup>.

1) *Von der Erzeugung der Wärme beym Verbrennen der Brennmaterialien.*

Wahrscheinlichkeit, daß die beym Verbrennen des Brennmaterials entstehende Wärme nicht von diesem, sondern von der Luft herrührt. Erklärung der Wirkungen, die das Anfaehen des Feuers hervorbringt. — Von Feuerstätten, wo das Feuer sich selbst anfaehen muß. Von Zugöfen. Verdeutlichung dieser Feuerstätte durch eine Lampe nach Argandscher Art. — Von dem wichtigen Vortheil, ganz Herr über die Quantität der Luft zu seyn, die in die verschlossene Feuerstätte dringt. — Nützlichkeit der Klappen in den Rauchfängen der verschlossnen Feuerstätte. — Allgemeine Regeln und Anleitungen, wie diese verschlossnen Feuerstätte einzurichten sind; nebst einer vollständigen Darstellung der Grundsätze, die diesen Regeln zum Grunde liegen.

Ohne mich auf die dunkle und so schwierige Untersuchung der Natur des Feuers einzulassen,

<sup>\*)</sup> Ausgezogen aus des Grafen von Rumford's *Experimental Essays political, economical, and philo-*

und ohne zu bestimmen, ob es ein solches Fluidum, welches wir Feuer nennen, giebt, oder nicht, will ich meine Nachforschungen lieber auf solche Gegenstände richten, die nützlicher sind und innerhalb der Sphäre des menschlichen Wissens liegen: — nemlich auf die Entdeckung der durch die Sinne erkennbaren Eigenschaften der Wärme, und auf die vortheilhafteste Art, Wärme hervorzubringen und sie in jedem Fall mit dem größtmöglichen Erfolge zu regieren. Dafs die Wärme etwas ist, was man hervorbringen, vermehren, aufhäufen, regieren, messen, und von einem Körper in den andern leiten kann, giebt die Erfahrung, und wir werden uns daher dieser Ausdrücke bedienen können, ohne dafs es nöthig wäre zuvor bestimmt zu haben, was die Wärme an sich ist.

Wie viel Wärme bey dem Verbrennen einer gegebenen Quantität eines gewissen Brennmaterials hervorgebracht wird, weifs man zwar von keinem genau; dafs aber diese Quantität in einem sehr hohen Grade von der Lenkung des Feuers abhängt, ist ausgemacht. Eben so gewifs ist es, dafs die er-

*sophical*, besonders aus dem sechsten *Essay* über die Art Feuer und Brennmaterialien zu sparen; eine für unsre holzarmen Zeiten so wichtige Kunst, dafs sie als einer der nützlichsten Theile der Physik recht eigentlich für diese Annalen gehört.

d. H.

zeugte Wärme nicht blos vom Brennmaterial, sondern, wenn nicht ganz, doch größtentheils von der Luft herrührt, die das Feuer umgiebt und unterhält. Es ist bekannt, daß ohne Zutritt der Luft kein Verbrennen statt findet, und daß das Sauerstoff-Gas der gemeinen atmosphärischen Luft, das ohngefähr  $\frac{1}{2}$  ihres ganzen Volumens beträgt, und allein das Verbrennen der verbrennlichen Körper möglich macht, bey dieser Operation eine merkwürdige Veränderung erleidet, und wirklich zersetzt wird. Da bey dieser Zersetzung der Lebensluft eine große Quantität Wärme frey wird und als überflüssig entweicht; so vermuthet man mit vieler Wahrscheinlichkeit, daß aus dieser Quelle, wenn auch nicht die ganze, doch bey weitem der größte Theil der Wärme entspringt, die durch das Verbrennen der verbrennlichen Körper erzeugt wird.

Doch, die Wärme komme von der Luft, oder von dem Brennmaterial her; so ist soviel gewiß, daß die erzeugte Quantität sehr von der Regierung des Feuers abhängt; daß sie nemlich um desto größer ist, je vollständiger die Verbrennung und Zersetzung des Brennmaterials vor sich geht; und aller Wahrscheinlichkeit nach hält die Zersetzung der Luft mit der des Brennmaterials gleichen Schritt.

Es ist ferner allgemein bekannt, daß die Verzeehrung des Brennmaterials sehr beschleunigt,

und die innere Stärke der Wärme vermehrt wird, wenn man die Luft, die das Verbrennen möglich macht, in einem anhaltenden Strome und mit einem abgemessenen Grade der Geschwindigkeit auf die Feuerstätte hinleitet. Daher beschleunigt das Anfachen des Feuers, wenn der Luftstrom gehörig gerichtet und nicht zu heftig ist, das Verbrennen, und vermehrt auch zu gleicher Zeit die Wärme desselben. Verfehlt man aber die rechte Richtung des Windstoßes, so wird dadurch das Verbrennen eher aufgehalten als befördert; und ist er zu heftig, so bläst er das Feuer ganz aus. Es giebt kein noch so starkes Feuer, das nicht durch einen Windstoß von gehöriger Heftigkeit eben so gut, wie durch einen Strom kalten Wassers ausgelöscht werden kann. Sogar Schießpulver, vielleicht die verbrennlichste aller Substanzen, kann, wenn es an der Oberfläche schon Feuer gefangen hat, ausgelöscht werden, ehe das Pulverkorn Zeit hat, gänzlich verzehrt zu werden; eine Thatfache, die ich, so außerordentlich und unglaublich sie scheinen mag, doch durch unwiderlegliche und entscheidende Versuche bewiesen habe \*).

Man kann die Feuerstätte so einrichten, daß das Feuer sich von selbst anfacht, oder mit andern

\*) In einer interessanten Abhandlung über die Kraft des entzündeten Schießpulvers, welche in einem der folgenden Stücke der Annalen ausführlich mitgetheilt werden soll. d. H.

Worten, daß es einen Luftstrom veranlaßt, der auf das Feuer zudringt: und auf diesen Gegenstand muß man bey der Anlegung der Feuerstätte, wo man sich des künstlichen Windstosses der Blasebälge nicht bedienen will, vorzüglich aufmerksam seyn. Die so gebauten Oefen pflegt man *Zugöfen* zu nennen; obgleich jede Feuerstätte, besonders jede verschlossene, ein Zugofen seyn muß, wenn sie ihren Dienst verrichten soll.

Eine Feuerstätte mit dieser Vorkehrung ist die *Argandsche Lampe*. Denn die gläserne Röhre, welche den Docht umgiebt, (und die diese Lampe von jeder andern unterscheidet,) dient bloß dazu, Luft hinzuzuführen. Die kreisförmige Gestalt des Dochts ist nicht wesentlich: denn eine Lampe, deren gläserne Röhre platter und deren Docht bandförmig ist, giebt eben so viel Licht, als eine Argandsche Lampe nach der gewöhnlichen Manier; vorausgesetzt, daß das Verhältniß der Docht-Masse und der Quantität des verzehrten Oehls dieselben sind. Da vermittelt solcher Luftbläser bey der Lampe nicht allein das Licht, sondern auch die Wärme vermehrt wird, und durch eine ähnliche Vorkehrung die Wärme eines jeden Feuers vermehrt werden kann; so will ich mich dieser Lampe zu mehrerer Verdeutlichung des zu betrachtenden Gegenstandes bedienen. Bey ihr ist die Feuerstätte von allen Seiten verschlossen, und der Luftstrom, der das Feuer unterhält, steigt senkrecht durch die Feuerstätte,



in das Feuer hinauf. Durch die Einfassung, die das Feuer von allen Seiten umgiebt, wird die kalte Luft verhindert, seitwärts einzudringen, und den Platz der erwärmten Luft und der Dämpfe einzunehmen. Diese steigen, da sie sich durch die Wärme ausdehnen, beständig fort vom Feuer ab in die Höhe, und dadurch wird ein starker Luftstrom, von unten herauf, (der Gegend, von woher er mit dem größten Vortheil in das Feuer dringen kann) verursacht.

Eine recht vollkommne Feuerstätte muß so eingerichtet seyn, daß man dem Bedürfnis gemäß die Verbrennung des Brennmaterials und die Erzeugung der Wärme beschleunigen oder aufhalten kann, ohne die Quantität des Brennmaterials vermehren oder vermindern zu dürfen. Ist die Feuerstätte ringsum verschlossen, so kann dieses leicht vermittelt einer Art von *Register* geschehn, das man in der Thüre, die den Zugang zum Aschenloch verschließt, anbringen läßt. Denn da die Heftigkeit des Verbrennens von der Quantität von Luft abhängt, die das Feuer unterhält, so wird dadurch, daß, je nachdem man das Register mehr oder weniger öffnet, mehr oder weniger Luft zum Feuer hinzudringt, in einer gegebenen Zeit bald mehr, bald weniger an Brennmaterialien verzehrt, und dabey eine größere oder geringere Wärme erzeugt \*).

\*) Die Einrichtung des Registers, dessen ich mich zu diesem Endzweck zu bedienen pflege, und



Damit dies Register seine gehörige Wirkung thun kann, muß in dem Rauchfange, oder in der Röhre, welche den Rauch abführt, eine Klappe

die Art, wie die Aschenlochthüre mit dem Register verfertigt und eingesetzt werden muß, ist auf Taf. V Fig. 1 — 8. abgebildet.

Fig. 1. zeigt die Vorderseite der Thüre mit ihrem Register. Alles ist von Eisenblech; die vier schmalen Bänder aber, die sich an den vier Ecken befinden, und die runde Platte des Registers in ihrem Spielraum fest halten, so wie auch der kleine runde Knopf, der sich in der Mitte des Registers befindet und wie eine halbe Krone groß ist, sind von Kupfer oder Messing, weil diese Metalle nicht so leicht rosten.

Fig. 2. gewährt einen Anblick von der Rückseite der Thüre, wenn sie in ihre Rahme sich befindet, wo man auch die Art sehen kann, wie sie in derselben eingeschlossen ist. *a, b, c, d*, sind die eisernen Bänder, womit die Rahme in dem Mauerwerke befestigt ist.

Fig. 3. ist ein horizontaler Durchschnitt durch die Mitte der Thüre und ihrer Rahme, und durch den Knopf, der zum Zumachen der Thüre dient.

Fig. 4. ist die Zeichnung dieses Knopfs, nach einem vergrößernden Maalsstabe, um die Art seiner Verfertigung zu zeigen.

Fig. 5. ist die Eisenblech-Platte, woraus die Thüre besteht, mit den Löchern, worin die

oder ein Schieber angebracht werden, den man mehr oder weniger öffnet, je nachdem man der Feuerstätte eine große oder kleine Quantität Luft

übrigen zugehörigen Stücke mehr befestigt werden.

Fig. 6. die runde Platte des Registers; um sie herumdrehen zu können, ist ein vorspringender Knopf an ihr angebracht.

Fig. 7. und 8. zeigen nach vergrößerndem Maassstabe eins von den vier kupfernen Bändern, die die Register-Platte in ihrem Spielraume festhalten.

Alle eiserne Thüren, die zur Verschließung einer Feuerstätte gebraucht werden, sollten nie in eine Rinne oder Fuge der Rahme einschließen, sondern bloß an der scharfen Kante derselben anschließen, welche letztere vermittelst eines großen flachen Steins recht gleich und grade gerieben seyn muß, damit sie die Thüre ganz an sich aufnehmen kann. Wenn denn die Thüre auch recht gleich und eben gemacht und gehörig an ihren Angeln befestigt ist, so wird sie, ungeachtet der Wirkungen der Ausdehnung, die das Metall von der Wärme erleidet, die Oeffnung leicht und dicht verschließen; das kann aber nicht geschehn, wenn die Thüren in Fugen der Rahme einpassen sollen.

Wo die Hitze sehr stark ist, da sollte man die Rahme der Thüre aus feuerfestem Stein verfertigen, und den Theil der Thüre, der dem Feuer ausgesetzt ist, entweder mit einem passenden Stück dieses Steins belegen, das mit Klammern

zufließen läßt. Register und Schieber dienen auch, das Feuer sogleich auszulöschen, wenn man seiner nicht mehr bedarf, indem man beide gänzlich verschließt; und auf diese Art kann man das halb verzehrte Brennmaterial, das sonst unnützerweise ausgebrannt wäre, auf das künftige Mal ersparen.

Dieselbe Wirkung kann man auch ohne Klappe oder Schieber erhalten, wenn man den von der Feuerstätte aufsteigenden Rauch so leitet, daß er erst einige Fuß tief unter der Horizontalfläche des Rostes, worauf das Feuer brennt, herabsteigen muß, ehe er zum Rauchfange kommen kann.

Ein andrer wichtiger Umstand, den man bey der Einrichtung der Feuerstätte in Obacht zu

oder starken Nägeln daran zu befestigen wäre; oder mit einer zwey Zoll dicken Masse von starkem Thon, der in gehörigem Verhältnisse mit grobem Pulver von zerbrochenen Schmelztiegeln vermischt ist, bedecken. Die Befestigung derselben an der Thüre kann ebenfalls mit Nägeln oder Krampen zuwegegebracht werden. Wenn diese Masse nass angelegt, langsam getrocknet, da, wo sie Sprünge bekommt, gehörig ausgefüllt, fest zusammengeslagen und nachher von der Hitze des Feuers gehörig gebrannt wird, so bildet sie eine solche Bedeckung der Thüre, daß das Feuer ihr gar nicht schaden kann, und sie zehnmal länger halt, als sonst.

Gr. R.

nehmen hat, ist das gehörige Anlegen des Brennmaterials. Denn, wenn die Verbrennung recht gut vor sich gehen soll, so muß das Brennmaterial nicht allein auf dem rechten Platze, sondern auch in gehöriger Ordnung liegen. Die festen Theile desselben müssen die rechte GröÙe haben, und, um den freyen Durchzug der Luft nicht zu hindern, weder zu nahe an einander, noch zu weit von einander liegen. Ueberdem ist es, wie ich aus Erfahrung weiß, sehr nützlich, die Feuerstätte so einzurichten, daß, sobald das brennende Feuermaterial zu schwinden anfängt, es von selbst und ohne Mithülfe auf den Mittelpunkt der Feuerstätte zusammenfällt. Diese Einrichtung besteht bey kleinen Feuerstätten (und bey diesen ist sie besonders nothwendig) darin, daß der Rost, worauf das Feuer brennt, die Gestalt einer streifenweis ausgeschnittenen Scheibe oder Schüssel hat \*).

\*) Diese Vorrichtungen sind auf Taf. V. Fig. 9. bis 11. abgebildet.

Fig. 9. und 10. stellen schüsselförmige Roste für verschlossene Feuerheerde dar. Sie können nach der GröÙe des Kochgefäßes 5 bis 18 Zoll im Durchmesser haben. Der Regel nach habe ich ihren Durchmesser immer halb so groß genommen, als der des runden Topfes in seiner obern Oeffnung war, der dazu gehörte.

Fig. 11. ist der umgestürzte Hohlkegel von dünnem Eisenblech, der sich unmittelbar unter dem Roste befindet; seine obere Oeffnung ist

Alle, deren ich mich (ausgenommen bey sehr'großen Feuerstätten) bediene, sind von dieser Gestalt, und das Holz, das ich zur Feuerung nehme, wird in kleine Scheitchen von 4 bis 6 Zoll Länge geschnitten. Statt der eisernen Roste gebrauche ich seit kurzem irdne, die wie hohle Schüsseln oder runde Pfannen aussehn, und mit vielen Löchern durchbohrt sind, um der Luft Durchgang zu verschaffen. Diese irdnen Roste sind um vieles wohlfeiler, als die eisernen, und entsprechen, nach meiner Erfahrung zu urtheilen, dem Endzwecke besser als diese; wovon sich leicht der Grund angeben läßt.

Bey großen Feuerstätten nahm ich zuweilen statt des Rostes gemeine Ziegelsteine, die ich der Länge nach auf ihren schmalen Kanten hinstellte, und die so die Stelle des Rostes sehr gut vertreten.

Da nur der Theil der Luft, der in der gehörigen Richtung und in der rechten Quantität auf die Feuerstätte dringt und mit dem brennenden Brennmaterial in wirkliche Berührung kommt, zersetzt wird, und nur auf diese Art zur

so groß, daß der runde Rand des Rostes gerade hineinpaßt. Ist die Feuerstätte groß, so kann man diesen Hohlkegel aus Feuerstein, oder aus Backsteinen mit Mörtel zusammensetzen. Bey kleinen Feuerstätten kann man ihn aus irdener Waare verfertigen, welches vielleicht das beste Material dazu ist. Gr. R.

Erzeugung der Wärme beyträgt; so ist es offenbar, daß alle die Luft, die in das Feuer hinein und wieder heraus strömt, ohne zersetzt zu werden, ein wahrer Räuber der Wärme ist. Denn sie trägt nicht nur nichts zur Erzeugung der Wärme bey, sondern bewirkt noch einen wirklichen Verlust derselben, indem sie sich auf Unkosten des Feuers erwärmt und dann durch den Rauchfang davon geht. Dieser Verlust ist oft sehr beträchtlich, und man muß sorgfältig ihn zu vermeiden suchen.

Dieses Eindringen unnützer Luft, die nicht zersetzt wird, findet auch bey verschlossenen Feuerstätten statt; wenn nemlich, wie gewöhnlich, der Rost größer als die Masse des brennenden Feuermaterials ist. Dieses Uebel verhindert man ganz, wenn man statt der eisernen Roste sich jener irdenen durchlöcherten Schüsseln bedient, deren Boden ungefähr 2, 3 bis 4 Zoll dick seyn kann, und deren Luftlöcher alle zu einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte, zum Brennpunkt des Feuers, hinstreben müssen.

Denselben Endzweck erreicht man auch, wenn man dem eisernen Roste eine runde und vertiefte Schüsselgestalt, und der Feuerstätte unmittelbar unter dem Roste die Gestalt eines umgekehrten verkürzten Kegels giebt, dessen oberer Durchmesser dem innern Durchmesser des Rost-Reifens gleich ist, und dessen unterer Durchmesser da, wo die

die Luft in die Feuerstätte hineintritt, ungefähr ein Drittel von jenem beträgt. (Siehe Fig. 11. Taf. V.) Die untre Oeffnung muß grade unter den Mittelpunkt des Rostes treffen und demselben so nahe als möglich seyn; doch muß ein kleiner Zwischenraum zwischen den eisernen Stüben des Rostes und der untern Fläche des umgekehrten Kegels bleiben, damit die Asche ungehindert in das Aschenloch hinabfallen kann.

Die Gestalt und der Umfang des Aschenlochs ist gleichgültig; wenn es nur groß genug ist, um der zur Erhaltung des Feuers nöthigen Luft einen freyen Durchgang zu gewähren, und wenn nur die Oeffnung desselben mit einer gut anliegenden Thüre, die mit einem Register versehen seyn muß, fest verschlossen werden kann, um Herr über diesen Luft-Durchgang zu bleiben.

Nimmt man statt der eisernen Roste die oben beschriebenen irdnen, so muß man darauf sehen, daß die Luftlöcher innerhalb einen kleinern Umfang haben, als äußerlich, damit sie nicht durch kleine Kohlenstücke und durch die Asche, die durch sie in das Aschenloch fällt, verstopft werden können.

Die auf diese Art eingerichteten Feuerstätten haben den großen Vortheil, daß sie für jedes Brennmaterial gleich brauchbar sind. Holz, Steinkohlen, Holzkohlen, Torf u. s. w. brennen auf ihnen ohne Unterschied mit derselben Leichtigkeit.

Annal. d. Physk 3. B. 3. St.

X



und denselben Vortheilen ohne den geringsten Geruch. So kann man auch das Feuer mit trockenem Holze oder einem andern leicht entzündbaren Brennmaterial anmachen, und nachher mit einem wohlfeilern, schlechtern, im Brennen erhalten. Da es wohl ziemlich gewiss ist, daß sich einige Brennmaterialien mit mehrerm Vortheil gebrauchen lassen, die Flüssigkeit des Kochgefäßes ins Kochen zu bringen, andre sie darin zu erhalten; so könnte man sich wahrscheinlich durch eine gehörige Aufmerksamkeit auf diesen Umstand eine beträchtliche Ersparnis verschaffen, und diese Entdeckung ließe sich bey solchen Feuerstätten leicht machen, die für alle Brennmaterialien passen.

Ich habe oben gezeigt, daß die Verengung des Theils der Feuerstätte, die unter dem Roste sich befindet, dazu dient, die Luft auf eine vortheilhaftere Art in das Feuer dringen zu lassen. Diese Einrichtung hat aber noch einen andern, vielleicht noch wichtigern Vortheil. Die Wärme nemlich, die durch die Zwischenräume der Rost-Stäbe unterwärts verbreitet wird, bricht sich nun, statt in das Aschenloch zu entweichen (wo sie verlohren gehen würde), gegen die Wände des umgekehrten Hohlkegels, wird hier aufgehalten, und steigt nachher entweder mit dem das Feuer unterhaltenden Luftstrom in die Feuerstätte zurück; oder sie wird unmittelbar von der konischen Oberfläche dahin zurückgeworfen, und nach zwey oder drey Abprallungen von Seite zu Seite



aufwärts gegen den Boden des Kochgefäßes gestossen.

Um sich von dieser Sache einen klaren und deutlichen Begriff zu verschaffen, muß man auf alle Umstände sehen, die beym Verbrennen eines Körpers vorkommen, auf die Art, wie die erzeugte Wärme sich offenbart, wie sie aufgefangen, angehäuft, gehalten und regiert werden kann.

Die Wärme, die beym Verbrennen des Feuermaterials entsteht, stellt sich in doppelter Gestalt dar: nemlich erstens in den heißen Dämpfen, die vom Feuer aufsteigen und die Wärme gleichsam gebunden halten, und zweytens in den Strahlen freyer Wärme, die nach allen Richtungen vom Feuer ausgehn und ringsum Wärme erzeugen. Man würde sie schicklicher, als *warme, Wärme erzeugende* Strahlen nennen, d. h. solche, welche die Fähigkeit haben, in jedem Körper, der sie aufhält, Wärme hervorzubringen. Denn, wenn sie unaufgehalten durch irgend ein Medium (z. B. durch eine Luft-Masse) gehn, so findet man nicht, daß sie diesem Medio irgend einen Theil von ihrer Wärme mittheilen; auch bringen sie in den Körpern, von deren Oberflächen sie zurückgeworfen werden, keinen beträchtlichen Grad von Wärme hervor, und in dieser Rücksicht gleichen sie völlig den Strahlen, die von der Sonne ausgehn.

In welchem Verhältniß die *strahlende Wärme* (man erlaube mir der Kürze wegen diesen unpassenden Ausdruck) zu der steht, die im Rauche und in den erwärmten Dämpfen aus den brennenden Körpern hervorgeht, und die man zum Unterschied *gebundene Wärme* nennen kann, ist nicht genau bekannt; indess ist es gewiß, daß der Antheil von Wärme in diesen elastischen Fluidis bey weitem größer ist, als in allen Wärme-erzeugenden Strahlen zusammengekommen. Doch darf man deshalb die Menge strahlender Wärme nicht für unbeträchtlich halten. Wie ansehnlich sie ist, zeigt die Wärme der Stuben, die mit einem Kamin geheizt werden. — Denn da die ganze, von dem Rauch und den Dämpfen gebundene Wärme aus diesen Stuben durch das Kamin hinausgeführt wird; so ist die Wärme, welche sich in ihnen verbreitet, einzig und allein der strahlenden Wärme zuzuschreiben; das ist, den Strahlen, die von dem Feuer ausgehn und sich in der Stube verbreiten.

Die Wirksamkeit dieser Strahlen kann auf verschiedne Art dargethan werden; am auffallendsten durch folgenden einfachen Versuch. Wenn das Feuer auf dem Heerde in voller Flamme brennt, strecke man den Arm und die Finger in grade Linie nach dem Mittelpunkt des Feuers zu aus. Wenn die Hand noch zwey oder drey Schritt von Feuer absteht, wird man die Wärme noch kaum bemerken, wenn das Feuer nicht etwan sehr groß ist.

So bald man aber, ohne den Arm zu bewegen, das Gelenke aufwärts beugt, so daß die innere flache Seite der Hand gegen das Feuer gerichtet ist, so wird man nicht allein die Wärme merklich fühlen, sondern sie, wenn das Feuer nur etwas groß ist und hell brennt, sogar kaum erträglich finden.

Diese Wärme-erzeugenden Strahlen werden aber nicht allein von den entzündeten Brennmaterien ausgestoßen, sondern von allen Körpern, sie mögen unverbrennbar oder brennbar, flüssig oder fest seyn, wenn die Körper nur bis zu dem Grade erwärmt sind, daß sie im Dunkel leuchten, oder roth glühen.

Sogar Körper, die nicht genug erwärmt sind, um ein sichtbares Licht von sich ausgehen zu lassen, verbreiten nach allen Richtungen solche zur Erzeugung der Wärme fähige Strahlen. Dies ist eine durch Versuche bewiesne Thatsache. Von allen Körpern, in allen Temperaturen, vom gefrierenden Queckfilber so gut, wie vom schmelzenden Eisen, strömen beständig, bald in größeren, bald in geringeren Quantitäten, bald mehr, bald weniger heftig, dergleichen Strahlen aus. Werden aber zufolge des Ausströmens dieser Strahlen die Körper abgekühlt? — Bringen diese Strahlen immer Wärme hervor; selbst dann, wenn der Körper, der sie aufsaugt und verschluckt, wärmer ist, als der, von dem sie ausgehen? — Doch, ich

vergeſſe, daß ich mich in dieſe dunkle Speculationen nicht einzulaſſen verſprochen habe. Was daher auch immer die Natur dieſer von den entzündeten Brennmaterialien ausgehenden Strahlen ſeyn mag, ſo iſt doch eine ihrer bekannten Eigenſchaften die, daß ſie Wärme erzeugen. Auf ſie muß man daher auch eine beſondere Aufmerkſamkeit in allen Einrichtungen wenden, wobey es auf Erſparniß von Brennmaterialien ankömmt.

Da dieſe zur Erzeugung der Wärme fähigen Strahlen in den Körpern, die ſie auffangen und verſchlucken, nicht aber in dem Medium, durch das ſie gehn, Wärme hervorbringen; ſo iſt es nothwendig, daß man die Körper, die dieſe Strahlen auffangen ſollen, ſo einrichtet, daß ſie die erhaltne Wärme den andern Körpern, deren Erwärmung eigentlich beabſichtigt iſt, nothwendig und mit Leichtigkeit wieder mittheilen müſſen.

Die verſchloſſnen Feuerſtäten, die ich empfohlen habe, und nachher umſtändlicher beſchreiben werde, entſprechen dieſem Endzwecke völlig. Denn da in dieſen Feuerſtäten das Feuer überall, ſowohl unterhalb des Roſtes, als ſeitwärts, eingekloſſen iſt, ausgenommen wo ſich der Boden des Koch - Gefäßes dem Feuer darbietet, ſo kann ſchwerlich einer dieſer Strahlen entweichen; und da die Materialien, aus denen die Feuerſtäte erbaut iſt (Ziegelſteine und Mörtel), ſchlechte Leiter der Wärme ſind, ſo wird von ihnen auch nur ein

geringer Theil der beym Verbrennen erzeugten Wärme verschlungen und den innern Theilen der Mauer mitgetheilt werden, wo er dann zerstreut wird und verlohren geht. Doch, dieses Einsperren der Wärme ist ein so wichtiger Gegenstand, daß er besonders abgehandelt zu werden verdient.

2) *Von den Mitteln, die Wärme einzuschließen und ihre Wirkung zu regieren.*

Von Leitern und Nichtleitern der Wärme. Gemeine atmosphärische Luft kann als ein guter Nichtleiter der Wärme zu ihrer Einschließung gebraucht werden; — die Natur gebraucht sie zu diesem Endzweck; — sie ist die Hauptursache von der Wärme der natürlichen und künstlichen Bekleidung, und die einzige Ursache von der Wärme der doppelten Fenster. Großer Nutzen der doppelten Fenster und der doppelten Wände, sowohl in heißen, als kalten Gegenden. — Alle elastische Flüssigkeiten sind Nichtleiter der Wärme. — Dampf und Flamme sind auch Nichtleiter der Wärme.

Daß die Wärme durch einige Körper leichter durchdringt, als durch andre, ist eine bekannte Thatsache; aber die Ursache dieses Unterschiedes in der Wärme-leitenden Kraft der Körper hat man noch nicht entdecken können.

Wenn man z. B. einen eisernen und einen hölzernen Nagel von gleicher Gestalt und Größe in eine Lichtflamme hält, so wird sich der Unter-

schied der Wärme-leitenden Kraft des Metalls und des Holzes auf eine Art zeigen, die keinen Zweifel übrig läßt. Denn, sobald als die in die Flamme gehaltne Spitze des eisernen Nagels erwärmt wird, erhitzt sich auch das andre Ende desselben bis zum Verbrennen; der hölzerne Nagel hingegen kann von der Flamme größtentheils verzehrt werden, ohne daß man an seinem andern Ende einige Wärme verspürte. Hält man eine Glasröhre in die Licht-Flamme, so wird sie an dem andern Ende zwar wärmer als der hölzerne, aber lange nicht so warm als der eiserne Nagel. Unter allen den verschiedenen Körpern, mit denen man diese Versuche anstellt, wird man nicht zwey finden, bey denen der Durchgang der Wärme durch ihre Substanz genau mit demselben Grade der Leichtigkeit vor sich ginge \*).

\*) Hr. D. Ingenhous hat einen sehr artigen Versuch erdacht, um die verhältnißmäßig leitende Kraft der verschiedenen Metalle anschaulich zu machen. Er nahm gleichstarke Drath-Stücke von verschiedenen Metallen, die genau dieselbe Stärke und Länge hatten, und bedeckte sie, indem er sie in geschmolzenes Wachs tauchte, mit einem dünnen Wachs - Ueberzuge. Dann hielt er das eine Ende von jedem dieser Cylinder in kochendes Wasser, und bemerkte, wie weit die dem Metalle mitgetheilte Wärme den Wachs-Ueberzug schmelz, und mit welcher Geschwindigkeit die Wärme fortschritt. Gr. R.

Die Wärme einschließen, heißt nichts mehr, als ihre Entweichung aus dem erwärmten Körper, in welchem sie sich befindet und der sie an sich halten soll, verhindern. Dies kann allein dadurch bewerkstelliget werden, daß man den erwärmten Körper mit einer Substanz bekleidet, durch welche die Wärme entweder gar nicht, oder nur mit vieler Schwierigkeit dringen kann. Könnte man eine für die Wärme ganz undurchdringbare Bekleidung auffinden, so müßte ein erwärmter und mit ihr vollkommen umgebener Körper wahrscheinlich immer warm bleiben; eine solche Substanz ist uns aber nicht bekannt, auch ist es nicht wahrscheinlich, daß sie existirt.

Die Körper, durch welche die Wärme ungehindert und schnell dringt, heißen *Wärmeleiter*; die, durch welche sie ihren Durchgang nur mit vieler Schwierigkeit, oder sehr langsam macht, *Nichtleiter* oder *schlechte Wärmeleiter*. Diese Leiter und Nichtleiter haben nun wiederum ihre verschiedenen Grade. Solche Körper, welche die schlechtesten Leiter, oder besser gesagt, die besten Nichtleiter der Wärme sind, schicken sich am besten für Bekleidungen, die die Entweichung der Wärme verhindern sollen.

Alle Metalle sind auffallend gute Leiter der Wärme; — Holz, und im allgemeinen, alle leichte, trockne und schwammigte Körper hingegen sind Nichtleiter. Glas, obgleich ein sehr harter



und gedrungener Körper, ist ein Nichtleiter. Queckfilber, Wasser und tropfbare Flüssigkeiten aller Art sind Leiter; aber Luft, und in der Regel alle elastische Flüssigkeiten, Dampf nicht ausgenommen, sind Nichtleiter.

Einige neulich angestellte, aber noch nicht bekanntgemachte Versuche, lassen mich mutmaßen, daß das Wasser, Queckfilber, und alle andre unelastische Flüssigkeiten, die Wärme nicht durch sich von Theilchen zu Theilchen durchdringen lassen, wie dies ohne Zweifel in den festen Körpern geschieht; sondern daß ihre scheinbar leitenden Kräfte wesentlich von der außerordentlichen Beweglichkeit ihrer Theile herrühren; kurz, daß sie die Wärme gleichsam mehr übersetzen, als daß sie ihr einen Durchgang gewähren. Hierüber werde ich in einem folgenden Abschnitte weitläufiger handeln \*).

Die leitende Kraft eines jeden festen Körpers ist viel größer, wenn er eine zusammenhängende

\* ) Dieses ist in dem siebenten *Essay* des Grafen Rumford über die Fortpflanzung der Wärme durch tropfbare Flüssigkeiten geschehn, mit dessen interessanten Resultaten wir die Leser in den beiden vorigen Bänden der *Annalen* unterhalten haben. Graf Rumford rechnet in diesem spätern *Essay* Wasser, Oehl, Queckfilber und alle tropfbare Flüssigkeiten zu den wahren Nichtleitern der Wärme. d. H.



ganze Masse ausmacht, als wenn er pulverisirt, oder in kleine Stückchen zertheilt ist. So sind eine eiserne Stange oder Platte bessere Wärme-Lester, als Eisenfeilspäne; und Sägespäne sind ein besserer Nichtleiter als Holz. Beide werden aber hierin noch von trockner Holzasche übertroffen, und recht trocknes, feines Holzkohlen-Pulver ist einer der allerbesten Nichtleiter. Da dieses überdem ganz unentzündbar ist, wenn es sich in einem luftdicht verschlossnen Raum befindet, so dient es ganz besonders gut zu einer Bekleidung, die bestimmt ist das Entweichen einer eingeschlossnen starken Wärme zu verhindern.

Doch giebt es keinen Stoff, der zu solch einer Bekleidung tauglicher wäre, als die gemeine *atmosphärische Luft*. Ihrer bedient sich die Natur zu diesem Endzweck, und dieser nachzuahmen, ist das Beste, was wir thun können.

Die Wärme der Wolle und der Felle, womit die Thiere, und der Federn, womit die Vögel bekleidet sind, ist ohne Zweifel der Luft zuzuschreiben, die in den Zwischenräumen dieser Substanzen sich befindet, und von ihnen stark angezogen wird. Die Luft ist hier gleichsam eingesperrt, und bildet eine Barriere, die nicht allein die kalten Winde von den Körpern der Thiere abhält, sondern die auch das Entweichen der thierischen Wärme in die Atmosphäre verhindert. — Eben so wird im Winter die Wärme des Erdbodens

durch die Luft gefesselt, die sich im Schnee befindet, und auf eine gleiche Art ist das Warmhalten der Zeuge zu erklären, deren man sich zu Kleidern bedient. Wäre dieser Umstand mehr bekannt und mehr beachtet, so würde er wahrscheinlich zu wichtigen Verbesserungen in der Oekonomie der Wärme führen. Denn trotz dem, daß das Verwahren gegen die Extreme der Wärme und Kälte, und der Gebrauch des Feuers, so wichtige und tägliche Angelegenheiten und Bedürfnisse für uns sind, so haben wir doch nur sehr geringe Fortschritte in dieser so wichtigen Wissenschaft gemacht.

So bedient man sich in den meisten nördlichen Gegenden Europens der doppelten Glasfenster, um im Winter die Stuben wärmer zu erhalten; aber so viel ich weiß, hat man sich in wärmern Gegenden ihrer noch nie bedient, um durch sie im Sommer die Stuben kühl zu erhalten, und doch ist der Schluss auf diese Anwendung dieser einfachen und nützlichen Erfindung so leicht und natürlich. Denn, wenn man sieht, daß die doppelten Fenster die Entweichung der Wärme aus der Stube verhindern; so sollte man meinen, es erfordert nicht viel Scharfsinn, um zu entdecken, daß sie eben so wirksam das Eindringen der äußern Wärme in die Stube verhindern müssen. Bey allem ist dieser Gebrauch noch niemandem eingefallen; zum wenigsten habe ich ihn weder in Italien, noch in den andern heißen Gegenden, die ich besuchte, gefunden.

Da der Nutzen, den doppelte Fenster und Wände in heissen sowohl, als in kalten Gegenden gewähren können, so gross ist, so werde ich an einem andern Orte weitläufiger von ihnen handeln; hier will ich nur soviel bemerken, dass nicht die doppelten Glas-Scheiben, sondern die zwischen ihnen verschlossene Luft, den Durchgang der Wärme so schwierig macht. Wäre diese Wirkung der vermehrten Glasmasse zuzuschreiben, wodurch nun die Wärme durchdringen muss, so müsste eine doppelt so stark verfertigte Scheibe dieselbe Wirkung hervorbringen, aber das ist nicht der Fall.

Die Luft ist ferner nicht allein ein Nichtleiter der Wärme, sondern ihr Vermögen, nicht zu leiten, kann auch sehr vermehrt werden. Um einzusehn, wie dies geschieht, wird es nothwendig seyn, die Art und Weise zu betrachten, wie die Wärme durch die Luft dringt. Aus dem Resultate vieler Versuche, die ich zur Erforschung dieses Gegenstandes anstellte, und die man in den *Philosophical Transactions* 1792 findet\*), erhellet, dass jedes Lufttheilchen für sich selbst, Wärme von andern Körpern erhalten, und ihnen auch wieder dieselbe abtreten kann; dass aber unter den Thei-

\*) Auch in *Grenz Journ. der Phys.* B. V. S. 245 — 280. In der Sammlung der Rumfordschen *Essays* nehmen sie das zweite Kapitel des achten *Essays* ein.

eben selbst keine Mittheilung der Wärme statt findet \*). Hieraus läßt sich folgern, daß, obgleich die einzelnen Lufttheilchen die Wärme den Körpern rauben, und von einem Platze zu einem andern fortpflanzen können, doch eine Luftmasse, deren Theilchen sich alle im Zustande der Ruhe befänden, und darin verharreten, gänzlich undurchdringlich für die Wärme, und so ein vollkommner Nichtleiter seyn müste.

Wenn also die Wärme, allein vermöge der Bewegung, die sie in der Luft veranlaßt, ihren Durchweg durch dieselbe findet; so ist es klar, daß alles das, was die innere Bewegung der Luft verhindert, auch ihre leitende Kraft verringern muß, und dies hab ich auch in der That bestätigt gefunden. Eine gewisse Quantität Wärme, die in  $9\frac{1}{2}$  Minuten, durch eine  $\frac{1}{2}$  Zoll dicke Schicht verschlossener Luft drang, brauchte  $21\frac{1}{2}$  Minuten zu ihrem Durchgang durch dieselbe Schicht, als ich die innere Bewegung der Luft dadurch hinderte, daß ich sie mit dem 56sten Theil ihrer Masse, mit Eiderdunen, feinem Pelzwerke oder feiner Seide, so wie sie vom Seidenwurme kömmt, vermischte.

Die Substanzen, die man zu diesem Endzweck mit der Luft vermischt, müssen aber selbst Nichtleiter seyn.

\*) Also grade so, wie Graf Rumford das im neubenen *Essay* für Wasser darzuthun gesucht hat.

leiter der Wärme seyn; sonst bewirkt man grade das Gegentheil, wie ich selbst aus Erfahrung weis. Denn, als ich, statt der eben erwähnten Substanzen, die Luft mit einer gleichen Quantität sehr feinen abgeglätteten Silber-Drath, so wie er sich von den Gold- und Silber-Spitzen abtriefelt, versetzte; so wurde dadurch der Durchgang der Wärme durch sie so beschleunigt, daß sie nun merklich eher durchdrang, als wenn sie durch die bloße unvermischte Luft ihren Durchweg hätte nehmen müssen.

Ferner muß man auch darauf sehen, daß die Theilchen der Substanzen, die man mit der Luft vermischt, sehr fein und zart sind; denn je feiner sie sind, desto größer wird ihre Oberfläche im Verhältniß zu ihrer festen Masse, und desto mehr werden sie die innere Bewegung der Lufttheilchen verhindern. Grobe Pferdehaare werden daher diesem Endzwecke schlechter entsprechen, als feine Biberhaare, obgleich nach aller Wahrscheinlichkeit in den chemischen Eigenthümlichkeiten dieser beiden Haararten kein wesentlicher Unterschied statt findet.

Eine andre mehr verborgene Eigenschaft, die einige Substanzen zu diesem Gebrauche tauglicher macht als andre, ist eine gewisse anziehende Kraft, die zwischen gewissen Körpern und der Luft existirt. Ein Beyspiel hiervon giebt die Festigkeit,

mit der sich die Luft an die feinen Haare der Thiere und Federn der Vögel anlehnt. Dafs hierdurch die Bewegung der Luft, die in den Zwischenräumen dieser Substanzen verschlossen ist, verhindert, und folglich der Wärme der Durchgang durch sie erschwert wird, ist leicht zu beweisen.

Vielleicht giebt es aber auch noch eine verborgnere Ursache, die eine Substanz, vor der andern, zur Bildung einer Barriere für die eingeschlossene Wärme geschickter macht. — Ich habe durch unwiderlegbare Versuche gezeigt, dafs die Wärme durch die *torricellische Leere* einen Durchweg finden kann, obgleich etwas schwieriger, als durch die Luft \*). Pflanzt sich aber die Wärme da fort, wo keine Luft ist, so mufs sie dies vermittelst eines Mediums bewerkstelligen, das viel feiner als die Luft ist. Das Medium durchdringt sehr wahrscheinlich mit der grössten Leichtigkeit alle festen Körper, und so auch das Glas und das Quecksilber, deren man sich zur Hervorbringung einer *torricellischen Leere* bedient.

Giebt

\*) Siehe des Grafen Ramford's Versuche über die Wärme in den *Philosophical Transact.* für 1786. Vol. 76. In der Sammlung der *Essays* des Verfassers, machen sie das erste Kapitel des *Essays* VIII. aus, und da sie in Greys *Journal der Physik* noch nicht benutzt sind, so werde ich sie hier in einem kurzen Auszuge beifügen. 2. 21

Giebt es nun ein solches Medium, das feiner ist als die Luft, und das die Wärme fortpflanzen kann; sollte es denn nicht vielleicht auch eine gewisse Verwandtschaft zwischen diesem Medium und sinnlichen Gegenständen geben können? — eine gewisse Anziehung, vermittelt welcher alle Körper oder einige Arten der Körper insbesondere, auf irgend eine Weise dieses Medium in seiner Operation, die Wärme fortzupflanzen, hemmen können? Aus den Resultaten der verschiedenen Versuche, die ich über die Wärme angestellt, und in den *Philos. Transact.* Vol. 76. beschrieben habe, erhält, daß die leitende Kraft der Torricellischen Leere sich zu der der Luft wie 604 zu 1000 verhält. Ein späterer Versuch zeigte, daß 55 Theile mit 1 Theile feiner roher Seide vermischt, ein Medium geben, dessen leitende Kraft sich zu der der Luft wie 576 zu 1284; oder wie 448 zu 1000 verhält<sup>\*)</sup>. Was also für die Wärme noch schwerer zu durchdringen ist, als selbst die torricellische Leere. Die Seide muß daher nicht allein die leitende Kraft der Luft völlig aufheben; sondern auch die des ätherischen Fluidums merklich verringern, das sich sehr wahrscheinlich der Zwischenräume der Luft bemächtigt und die Fortleitung der Wärme durch eine torricellische Leere bewirkt. Denn diese ist

\*) Siehe meinen zweyten Aufsatz über die Wärme in den *Philos. Transf.* für 1782. und in *Grensbour-*  
nal B. V. Gr. R.



in dem Verhältniß von 604 zu 448 ein beßrer Leiter der Wärme, als jenes Medium. Doch unsre Kenntniß von der Natur und der Fortpflanzung der Wärme ist noch viel zu unvollkommen, als daß wir diesen Speculationen mit einiger Aussicht auf Erfolg und Nutzen nachgehn könnten; deshalb ich mich dabey nicht länger verweile.

Auf welche Art sich auch immerhin die Wärme von einem Körper zum andern fortpflanzen mag; so ist doch nun hinlänglich bewiesen, daß sie durch verschlossene Luft nur mit vieler Schwierigkeit einen Durchgang findet, und diese Erfahrung ist sehr wichtig, weil sie uns Mittel an die Hand giebt, die Wärme mit Sicherheit und Leichtigkeit einschließen, und ihre volle Wirkung auf nützliche Endzwecke richten zu können.

Die atmosphärische Luft ist jedoch nicht der einzige Nichtleiter der Wärme; alle Luftarten, die künstlich zubereiteten sowohl, als die natürlichen, und der Regel nach alle elastischen Fluida, Dampf nicht ausgenommen, scheinen diese Eigenschaft in demselben Grade von Vollkommenheit zu besitzen, wie die atmosphärische Luft.

Daß der Dampf kein Leiter der Wärme ist, erfuhr ich durch folgenden Versuch. Eine runde Flasche von sehr dünnem und durchsichtigem Glase, die einen Durchmesser von 8 Zoll, einen engen Hals und einen starken einwärtsgebognen Boden



befals der einer ausgehöhlten Halbkugel von 6 Zoll im Durchmesser gleich, wurde mit kaltem Wasser gefüllt, und in eine flache Schüssel von ungefähr 10 Zoll im Durchmesser gestellt. Eine sehr dünne Kupferplatte machte den Boden der Schüssel aus, die etwa  $\frac{2}{10}$  Zoll tief mit Wasser gefüllt, und auf einem Dreyfuß über eine Spirituslampe gesetzt wurde. In wenig Minuten kochte das Wasser in der Schüssel, und die von dem Boden der Flasche gebildete Höhlung wurde mit Dampf-Wolken angefüllt, welche, nachdem sie 4 oder 5 Minuten mit erstaunlicher Geschwindigkeit sich darin herumgedreht, und einen guten Theil der hier befindlich<sup>3</sup> gewesenen Luft herausgedrängt hatten, sich nach und nach aufzuklären anfangen. Nach 8 oder 10 Minuten (da die in der Höhlung zurückgebliebene Luft ungefähr die Temperatur des Dampfs erhalten haben mochte) verschwanden diese Wolken gänzlich, und das, was sich in dieser Höhlung befand, wurde, ohngeachtet das Wasser mit der größten Heftigkeit zu kochen fortfuhr, so vollkommen klar, daß gar kein Dampf zu sehen war. Wären nicht an der innern Seite der Höhlung beständig Wassertropfen herabgefloßen, so hätte man ganz an der Erzeugung des Dampfes zweifeln können.

Wenn man auf einer Seite die Flasche einen Augenblick etwas in die Höhe hob, und eine kleine Quantität Luft hereinließ; so erhoben sich

Augenblicklich wieder die Wolken, fuhren fort einige Minuten mit großer Schnelligkeit sich herumzudrehen, und verschwanden dann nach und nach wieder wie zuvor. Ich machte diesen Versuch mehrmals, und immer mit demselben Erfolge.

Indem ich nun fand, daß die unter der Flasche hereingelassene kalte Luft den Dampf theilweis verdichtete, und Wolken hervorbrachte; so war ich auf die sichtbaren Wirkungen neugierig; die ein unter die Flasche gelegter kalter, fester Körper verursachen möchte. War der Dampf ein Wärmeleiter, so mußten einige Wärmetheilchen aus demselben in den kalten Körper übergehen, und dadurch Wolken entstehen. War aber der Dampf ein Nichtleiter der Wärme, das heißt, konnte ein Dampftheilchen seine Wärme, oder einen Theil davon, dem andern benachbarten Dampftheilchen nicht mittheilen; so konnte der kalte Körper bloß auf die Dampftheilchen, die mit ihm in wirklicher Berührung waren, wirken, und mithin keine Wolken erzeugen. Der Erfolg zeigte, daß der Dampf in der That ein Nichtleiter der Wärme ist. Denn, als ein Stück Eis, fast von der Größe eines Hühner-Eies, in die Mitte der Flaschenhöhle, auf einen kleinen Dreyfuß von Eisendrath gelegt wurde, und die Wolken, die durch das beym Aufheben der Flasche unvermeidliche Hineindringen der kalten Luft entstanden, nur erst verschwunden waren (welches bald geschah), wurde der Dampf so

vollkommen durchsichtig und unsichtbar, daß nicht der geringste Schein von Wölkigkeit irgendwo zu sehen war; selbst nicht einmal um das Eis herum; das, als es zu schmelzen begann, so klar und durchsichtig, wie der reinste Bergkrystall, war.

Dieser Versuch, den ich das erstemal im November 1793 zu Florenz anstellte, wurde daselbst mehrmals in Gegenwart des Lords Palmerston und des Herrn von Fontana wiederholt \*).

\*) Die bey diesem Versuche gebrauchte Flasche, enthielt, ob sie gleich dem Umfange nach sehr groß ausah, nur eine sehr kleine Quantität Wasser, weil ihr Boden sich sehr tief einwärts bog. Da die hohle Wölbung unter dem Boden der Flasche (die, wie ich schon oben bemerkt habe, beynah die Gestalt einer Halbkugel von 6 Zoll im Durchmesser hatte,) hier die Stelle eines Recipienten vertrat, um den Dampf aufzufangen und einzuschließen, der von dem in der Schüssel befindlichen kochenden Wasser sich erhob; so könnte man vielleicht glauben, daß ein gewöhnlicher Glas-Recipient, in der Gestalt einer Glocke, eben so gut wie diese Flasche dazu gebraucht werden könnte. Ich glaubte dieses auch, fand aber nachher, als ich den Versuch damit machte, daß ich mich geirrt hatte. Ein gewöhnlicher Recipient fängt den Dampf zwar eben so gut auf; aber das Glas wird bald so heiß, daß die Wassertropfen, die zufolge der Verdichtung des Dampfs auf der innern Oberfläche des Recipienten entstehen, anstatt an den Seiten in klaren, durchsichtigen Strömen herabzufließen, sich nun in Bläschen

Bey diesen Versuchen war die Wölbung der Flasche nicht ganz luftleer; selbst nachdem die Wolken völlig verschwunden waren, befand sich ein beträchtlicher Antheil Luft mit dem Dampf vermischt, wie ich mich davon durch eine besondere Prüfung vergewisserte. Dieser Umstand macht den Versuch nicht wenig merkwürdig und überraschend. Es scheint, daß weder die Masse des Dampfs, noch die der Luft, durch das Eis völlig abgekühlt wurden; denn wäre die Luft in Masse gekühlt worden, so ist es sehr wahrscheinlich, daß die Wolken wieder entstanden wären.

Die Resultate dieser Versuche, verglichen mit denen, die ich zur Entdeckung der vortheilhaftesten Gestalt der Kochgefäße anstellte, eröffneten mir ein ganz neues Feld für die Speculation und für Verbesserungen in der Feuerungs-Oekonomie. Sie zeigten mir, daß nicht allein *kalte*, sondern auch *heisse Luft*, und *heisser Dampf*, und

und flockige Streifen verwandeln, die das Glas so trübe machen, daß nichts deutlich durch dasselbe kann gesehen werden. Dies vereitelt folglich die Hauptabsicht dieses Versuchs. Das kalte Wasser in der Flasche erhält dagegen das Glas kühl, und so geht die Verdichtung des Dampfes an den Seiten der Höhlung regelmäßiger vor sich, und die Wasserströme, die beständig an den Seiten herunterlaufen, bilden, indem sie sich vereinigen, eine durchlichtige Wasser-Wand. Vermöge dieser Umstände kann man alles das, was unter der Flasche sich zuträgt, deutlich bemerken. Gr. R.

heisse Mischungen von Luft und Dampf, *Nichtleiter der Wärme* sind; daß folglich der heisse Dampf, der sich vom brennenden Brennmaterial erhebt, und sogar die *Flamme selbst*, ein *Nichtleiter der Wärme* ist.

Man kann das vielleicht für eine sehr kühne Behauptung halten; aber nach einer sorgfältigen Prüfung der Erscheinungen, die das Verbrennen des Brennmaterials und die Fortpflanzung der Wärme durch die Flamme begleiten, wird man sehen, daß diese Behauptung sehr wohl gegründet ist. Die Vortheile, welche die Wissenschaft dieser Sache gewährt, sind von sehr großer Wichtigkeit, und verdienen in einem eignen Abschnitte vollständig untersucht zu werden.

### 3) *Von der Wirkungsart, wie die Flamme andern Körpern Wärme mittheilt.*

Die Flamme wirkt auf die Körper grade so, wie ein heißer Wind. — Theorie des Löthrohrs durch Versuche bestätigt. — Die Kenntniß der Art, wie Wärme durch die Flamme mitgetheilt wird, ist zur Bestimmung der vortheilhaftesten Gestalt der Kochgefäße nöthig. Allgemeine Grundsätze, nach denen diese Gefäße verfertigt werden müssen.

Wenn die Flamme bloßer Dampf, oder eine bis zum Rothglühen erwärmte Mischung von Luft und Dampf ist, und diese beiden Stoffe *Nichtleiter der Wärme* sind; so ist es sehr begreiflich, daß

die Flamme, ungeachtet ihres grossen Wärme-Grades, doch die wesentlichen Eigenschaften ihrer Bestandtheile behält, und ein Nichtleiter der Wärme ist. Man bemerkt nicht, daß die nichtleitende Kraft der Luft durch eine Erwärmung bis zu der Temperatur des kochenden Wassers geschwächt würde, und ich sehe auch keine Ursache ein, warum diese Eigenthümlichkeit der Luft, oder einer andern elastischen Flüssigkeit durch irgend eine Erhöhung der Temperatur, sie sey auch noch so groß, geschwächt werden sollte. Wenn aber der Dampf, und die Luft in der Temperatur von  $212^{\circ}$ , nach Fahrenheit, Nichtleiter der Wärme sind; warum sollten sie es nicht bleiben, wenn sie bis zu  $1000^{\circ}$ , oder zur Rothglühhitze erwärmt sind? Ich wenigstens kann es nicht begreifen, wie ein Körper einer so wesentlichen Eigenthümlichkeit beraubt werden könnte, ohne zugleich völlig ein neuer Körper zu werden: auch glaubt wohl niemand, daß Dampf, oder Luft, durch die blossen Erhöhung der Temperatur bis zur Rothglühhitze eine chemische Veränderung erleiden. So entscheidend diese Vernunftgründe schon für sich sind, will ich doch nicht auf sie allein meine Behauptung bauen; sondern auch durch Versuche und Beobachtungen es beweisen, daß die Flamme in der That ein Nichtleiter der Wärme ist.

Angenommen, daß die Luft ein Nichtleiter der Wärme, zum wenigsten in dem von mir gebrauchten Sinn des Worte, ist, werde ich nun dar-

zuthun suchen, daß die Flamme genau auf dieselbe Art, wie ein heißer Wind, ihre Wärme mittheilt. Ist mir dies gelungen, so, glaub ich, kann ich meine erstere Behauptung für hinlänglich bewiesen ansehen,

Die Wirkungsart, wie ein kalter Lufthauch einen ihm ausgesetzten Körper abkühlt, ist bekannt, und bey der Nachspürung der Ursachen dieser Wirkungsart stoßen wir leicht auf dieselbe Eigenthümlichkeit der Luft, die sie auch zu einem Nichtleiter der Wärme macht. Denn, könnten die Lufttheilchen, welche einen heißen Körper berühren, die Wärme, die sie von ihm empfangen, mit vollkommener Leichtigkeit, den an sie anstoßenden Lufttheilchen, und diese sie wieder andern, und so fort, mittheilen; so würde dem heißen Körper die Wärme, so schnell als er sie nur fahren lassen könnte, entrisen werden, und keine Bewegung der Lufttheilchen, kein Wind würde die Abkühlung des heißen Körpers merklich erleichtern oder beschleunigen. Grade so mußte, wenn die Flamme ein vollkommener Leiter der Wärme wäre, jeder in sie hineingehaltener kalter Körper, so schnell, als er nur die Wärme aufzunehmen vermöchte, erwärmt werden, und weder irgend eine Bewegung der innern Theile der Flamme, noch die Gewalt, mit der sie gegen den Körper eindringe, könnten das Erwärmen desselben merklich erleichtern und beschleunigen.



Ist dagegen die Flamme ein Nichtleiter der Wärme, so wird ihre Wirkung genau der eines heißen Windes gleichen; und dann wird es folglich viel auf die Art und Weise ankommen, in der man sie gegen den zu erwärmenden Körper wirken läßt. Nur die Theilchen desselben, die mit dem Körper in wirkliche Berührung kommen, werden ihm dann Wärme mittheilen können, und je größer die Anzahl der verschiedenen ihn berührenden Theilchen der Flamme ist, desto größer wird auch die Quantität der mitgetheilten Wärme werden. Da dieses nun wirklich der Fall ist, so erhellt hieraus, wie richtig es ist, die Flamme mit Gewalt gegen den zu erwärmenden Körper dringen und auf eine solche Art gegen ihn schlagen zu lassen, daß ihre Ströme gebrochen und Wirbel in ihnen gebildet werden. Denn so wird durch die schnelle Bewegung der Flamme ein lebhaftes Aufeinanderfolgen der heißen Theilchen veranlaßt, und jede Art der innern Bewegung unter den Theilchen der Flamme, muß sehr kräftig zur Beschleunigung der Wärme-Mittheilung beytragen.

Die Wirkung eines *Löthrohrs* ist bekannt; aber ich glaube nicht, daß die Art, wie es die Wirksamkeit der Flamme vermehrt, je ist befriedigend erklärt worden. Man nahm allgemein an, daß der Strom der frischen Luft, der aus dem Löthrohre durch die Flamme getrieben wird, wirklich die Quantität des Wärmestoffs vermehre.



Ich glaube dagegen, daß der Luftstrom nur in so weit wirkt, als er die wirklich in der Flamme schon befindliche Wärme auf einen gegebenen Punkt leitet. Ein Luftstrom kann, so fern er nicht zu gleicher Zeit zersetzt wird, keine Wärme erzeugen; um aber im Feuer zersetzt zu werden, müßte er mit dem brennenden Brennmaterial, oder zum wenigsten mit dem noch unentzündeten, aber verbrennlichen Dampf, der vom Brennmaterial aufsteigt, in Berührung gebracht werden. — Aber läßt es sich wol denken, daß in der klaren, glänzenden, völlig durchsichtigen Flamme eines Wachslichts, sich noch eine entzündliche Substanz befinden könne, die noch nicht entzündet wäre? — Das Löthrohr hat aber doch dieselbe Wirkung, wenn es gegen die klare Flamme eines Wachslichts gerichtet wird, als wenn man es zur Vermehrung der Wirksamkeit einer gewöhnlichen Glasmacher-Lampe gebraucht.

Da ich einsah, daß die Entdeckung der Art, wie der Luftstrom eines Löthrohrs die innere Wirksamkeit der Flamme vermehrt, auch viel Licht auf die Erforschung der Wirkungsart, wie die Flamme den Körpern Wärme mittheilt, werfen müsse; so machte ich folgende Versuche, deren Resultate nach meiner Meinung entscheidend sind.

Ob der aus einem Löthrohre gegen die Flamme gerichtete Luftstrom zur Vermehrung ihrer

Wirksamkeit nur dadurch beyträgt, daß er ihre wirkende Kraft auf den Körper, gegen welchen sie getrieben wird, vergrößert, oder dadurch, daß er wirklich die bey der Verbrannung des Brennmaterials erzeugte Quantität des Wärmestoffs vermehrt, oder wieviel davon auf Rechnung einer jeden dieser beiden Ursachen zu schreiben ist, dieses auszumachen, fiel mir folgende Methode ein. Ich füllte eine große Blase, die über eine Gallone enthielt, mit Luftsäure, welche wie bekannt, zur Erhaltung des Feuers ganz untauglich ist, und die folglich, auf eine Flamme geblasen, dieser sicher nichts von Wärmestoff geben kann. Bringt nun, schloß ich, ein mit solcher Luft angeblasenes Löthrohr auf die Flamme nahe dieselbe Wirkung hervor, als wenn es mit gemeiner Luft angeblasen wird; so dient dies zum deutlichsten Beweise, daß die durch das Löthrohr vermehrte innere Wirksamkeit der Flamme, der innern Bewegung derselben, ihrer Richtung auf einen Punkt, der Gewalt, mit der sie dadurch gegen den zu erwärmenden Körper zu schlagen gezwungen wird, und dem schnellen Aufeinanderfolgen der frischen Theilchen dieses heißen Dampfes, zuzuschreiben ist, und nicht irgend einer positiven Vermehrung des Wärmestoffs.

Ich richtete nun die Oeffnung des Löthrohrs, welches an der mit Luftsäure gefüllten Blase befestigt war, gegen die klare, helle Flamme eines eben erst geputzten Wachslichtes, und trieb durch

Zusammendrücken der Blase die Flamme gegen eine kleine Gläseröhre, welche sehr schnell rothglühend wurde und schmolz. Die Zeit, in der dieses geschah, wurde im Mittel aus mehreren Versuchen bestimmt, und darauf der Versuch mit atmosphärischer Luft an demselben Lichte und mit demselben Apparate wiederholt. Das Resultat blieb ganz dasselbe, ohne daß die Wirkung, so viel ich bemerken konnte, größer, als mit Luftsäure, gewesen wäre. Dieses beweist daher offenbar, daß die durch ein Löthrohr vermehrte Wirksamkeit der Flamme nicht einer wirklichen Vermehrung des Wärmestoffs, welchen Luftsäure nicht hergeben kann, sondern allein der vermehrten Kraftäusserung der Flamme zuzuschreiben ist, die aus der Gewalt, mit der sie getrieben wird, und aus den Wirbeln entsteht, in denen sie auf der Oberfläche des Körpers, gegen den sie spielt, gebrochen wird. Doch ließ ich es bey diesen Versuchen noch nicht bewenden, sondern wiederholte und veränderte sie auf verschiedene Art, indem ich die Blase einmal mit Luftsäure, dann mit atmosphärischer Luft, mit Lebensluft oder mit Stickluft füllte, welche ich durch Anbrennen eines Lichts in gemeiner Luft bis zum Verlöschen erhalten hatte. Alle diese Versuche gaben dasselbe Resultat, und bestätigten den Schluß, daß die Wirkung eines auf diese Art gebrauchten Löthrohres blos der Richtung und der Gewalt, die es der Flamme giebt, und nicht einer wirklichen Vermehrung des Wärmestoffs zuzuschreiben ist. Ver-

langt man daher durch Anblasen des Feuers die innere Stärke seiner Wärme zu vermehren, so muß man den Luftstrom in der Art anbringen, daß er das Verbrennen befördert: er muß auf die entzündete Oberfläche des brennenden Brennstoffs geleitet werden, und nicht gegen den davon aufsteigenden rothglühenden Dampf oder gegen die Flamme, in welcher sehr wahrscheinlich der Proceß des Verbrennens bereits vollkommen vollendet ist; und in diesem Falle leidet es keinen Zweifel, daß die Wirkung des Anblasens ganz von der Beschaffenheit der Luft abhängt, deren man sich dabey bedient.

Die Resultate der vorhergehenden Versuche mit dem Löthföhre sind unstreitig entscheidend, und die Vortheile, die aus der Kenntniß dieser Sache fließen, springen in die Augen. Wenn die Flamme, oder der rothglühende, von brennenden Körpern sich erhebende Dampf, ein Nichtleiter der Wärme ist; und wenn, um seine Wärme andern Körpern mittheilen zu können, es nothwendig ist, daß seine Theilchen, vereinzelt, in wirkliche Berührung mit diesem Körper gebracht werden; so ist es klar, daß die Gestalt des Kochgefäßes und der Feuerstätte Gegenstände von der größten Wichtigkeit sind, und daß die Gestalt die vortheilhafteste seyn müsse, die die größte innere Bewegung in der Flamme veranlaßt, so daß die größtmögliche Anzahl ihrer Theilchen nacheinander mit dem zu erwärmenden Körper in Berüh-

zung kommt. Das Kochgefäß muß daher nicht allein die größtmöglichste Oberfläche haben; sondern seine Gestalt muß auch so seyn, daß sie die umgebende Flamme, mit Gewalt gegen dasselbe einzudringen, sich gegen dasselbe zu brechen, und in Wirbeln und Strudeln über seine Oberfläche zu spielen, zwingt.

Es muß daher die Hauptkraft der Flamme gegen den Boden des Kochgefäßes und nicht gegen die Seiten gerichtet werden. Denn, wenn man die Flamme an den senkrechten Seiten des Kochgefäßes frey in die Höhe steigen läßt, so gleitet sie sehr schnell längs der Oberfläche hin, und findet da kein Hinderniß, an dem sie sich in Strudel und Wirbel brechen müßte. Sie fließt so ruhig fort, wie ein Wasserstrom in einem ebenen Kanale, und die heißen Dampftheilchen, welche unterwärts an die Seiten des Kochgefäßes anliegen, und von dem aufwärts treibenden Strom beständig fort an dasselbe angedrückt werden, halten die andern heißen Theilchen von der Berührung des Kochgefäßes ab. Auf diese Art geht bey weitem der größte Theil der in der Flamme befindlichen Wärme, anstatt dem Kochgefäße sich mitzutheilen, durch den Rauchfang davon, und ist gänzlich verlohren. Wie außerordentlich ansehnlich dieser Verlust der Wärme ist, der aus der fehlerhaften Gestalt der Kochgefäße und ihrer Feuerstätte entspringt, das will ich im folgenden Abschnitte zeigen.

---

4) *Ungefähre Berechnung, wie viel Brennmaterial bey der gewöhnlichen Behandlung des Feuers in den Küchen unnütz verschwendet wird.*

Daß aus Unwissenheit und sorgloser Behandlung des Feuers ein großer Theil der Brennmaterialien in allen Oegenden unnütz verschwendet wird, ist allgemein bekannt; daß aber diese Verschwendung volle sieben Achtel der Wärme beträgt, die mit dem wirklich verbrauchten Brennmaterial erzeugt wird, oder bey gehöriger Behandlung daraus hätte erzeugt werden können, das werden vielleicht nur wenige glauben, und doch ist dieses das Resultat der aufmerksamsten Beobachtung und vieler Versuche, die ich hierüber angestellt habe.

Da die Quantität der Wärme, die durch eine bestimmte Quantität irgend eines gegebenen Brennmaterials erzeugt werden kann, nicht bekannt ist, man also keinen festen Maßstab hat, um aus Vergleichung der Resultate eines Versuchs das Verhältniß der nützlich verwandten und der verlorenen Wärme zu erfahren; so schlug ich bey meinen Versuchen folgenden Weg ein. Anstatt die Quantität der Wärme ausfindig zu machen, die bey irgend einer gegebenen Operation verloren geht, bemühte ich mich, zu erforschen, mit wie viel weniger Brennmaterial, mit Hülfe einer vortheilhafteren Behandlung des Feuers und einer besseren

ren Einrichtung der dazu nöthigen Maschinerie wohl dieselbe Operation könnte ausgeführt werden. Die ökonomischen Einrichtungen verschiedener grossen öffentlichen Anstalten, die seit den letzten sieben Jahren (1790 bis 1797) unter meiner Aufsicht in Bayern angelegt wurden, besonders des Industriehauses in München und der Militärakademie für 180 junge Leute, gaben mir eine sehr günstige Gelegenheit, meine Ideen über die Behandlung des Feuers in wirkliche Ausführung zu bringen, und setzten mich in Stand, nach den vielen ins Grosse getriebenen, oft veränderten und wiederholten Versuchen, die wirkliche Wichtigkeit der eingeführten Verbesserungen behaupten zu können. Während dieser sieben Jahre wurde die Feuerstätte der Küche des Industrie-Hauses dreymal, und die der Militairakademie zweymal gänzlich niedergedrissen und von neuem gebaut; noch öfter wurde die Form der Kochgefässe und die innere Einrichtung der Feuerstätte verändert. — Folgendes sind Resultate von Versuchen, die ich selbst mit der grössten Sorgfalt angestellt habe.

*Versuch 1. und 2.* Ein der Küche der Militairakademie gehöriges Kupfergefäss, dessen Durchmesser oben 22, unten  $19\frac{1}{2}$  rheinl. Zoll betrug, 14 Zoll tief und 50  $\text{lb}$  bayr. Gewicht (61. 92  $\text{lb}$  *avoirdupois*) schwer, wurde mit 95 baier. Mässen oder 187  $\text{lb}$  Wasser (28 englischen Wein-Gallonen oder 232,58  $\text{lb}$  *avoirdupois*) gefüllt, welches die

Annal. d. Physik 3. B. 3. St. 2



Temperatur von 58° F. hatte, und so auf seine Feuerstätte gesetzt. Darauf wurde unter dem Kochgefäße mit trockenem Büchenholze gefeuert, das Wasser zum Kochen gebracht, und darin zwey Stunden erhalten. Darauf wurde dasselbe Kupfergefäß völlig unter gleichen Umständen auf einen Dreyfuß in einer Privatküche gesetzt, das Feuer mit demselben Holze so sparsam als möglich angelegt, und das Wasser wiederum 2 Stunden lang im Kochen erhalten. Die Resultate dieser Versuche waren folgende:

	in der Küche der Milit. Akad.		in der Privat- Küche	
	Zeit	Holz	Zeit	Holz
Man brauchte,				
um das Wasser zum Ko-	1 St. 1'	11 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$	1 St. 31'	45 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$
chen zu bringen				
um es darin zu erhalten	2 St.	2 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$	2 St.	17 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$
überhaupt	3 St. 1'	13 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$	3 St. 51'	62 $\frac{1}{2}$ $\text{fl}$

Da bey diesen Versuchen alles sich gleich war, so ist es klar, daß die verschiedenen Quantitäten des verbrauchten Holzes, 13  $\frac{1}{2}$  und 62  $\frac{1}{2}$ , die verhältnißmäßigen Vortheile der bey der Behandlung des Feuers angewandten Methoden zeigen, und wie viel Brennmaterial bey der gewöhnlichen Art der Küchen-Feuerung unnütz verschwendet wird. Doch dieser Verlust ist in der That noch größer. Denn bey dem zweyten Versuche, wo das Kochgefäß über ein offenes Feuer gestellt war, trug man die größte Sorgfalt, das Feuer auf die vorthellhafteste Art anzulegen, worauf man gewöhnlich sehr wenig Aufmerksamkeit wendet



Bey den verschlossenen Feuerstätten von einer guten Bauart kann dagegen der eigentliche Ort des Brennmaterials nicht verfehlt werden; und die Unwissenheit und Nachlässigkeit derer, die das Feuer besorgen, kann daher keine beträchtliche Verschwendung des Brennmaterials veranlassen; kein unwichtiger Vorthail dieser Art von Feuerstätten.

*Versuch 3. und 4.* Eine große kupferne Bratpfanne, deren Durchmesser oben  $11\frac{1}{4}$ , unten  $10\frac{1}{4}$ , und deren Tiefe  $3\frac{1}{2}$  Zoll betrug, wurde mit 4 Maass Wasser, dessen Temperatur  $58^{\circ}$  F, und dessen Gewicht  $7\frac{1}{2}$  Pf war, auf ihre verschlossene Feuerstätte gesetzt, darunter mit kleinen, ohngefähr 4 Zoll langen Stücken von trockenem Büchenholz Feuer angemacht, und das Wasser zum Kochen gebracht und zwey Stunden darin erhalten. Darauf wurde dieselbe Bratpfanne unter gleichen Umständen auf einem Dreyfuss über ein offnes Feuer gesetzt; und das Wasser darin auch 2 Stunden lang gekocht.

	über der verschlossenen Feuerstätte		über offenem Feuer	
	Zeit	Holz	Zeit	Holz
Man bedurfte um das Wasser zum Kochen zu bringen	12'	1 Pf	28'	6 Pf
es darin zu erhalten	2 St. —	$\frac{1}{2}$ Pf	2 St.	$5\frac{1}{2}$ Pf
überhaupt	2 St. 12'	$1\frac{1}{2}$ Pf	2 St. 28'	$11\frac{1}{2}$ Pf

Der Unterschied in den Resultaten dieser beyden Versuche ist beynah derselbe, wie bey den vorhergehenden, und sie zeigen ebenfalls, daß bey dem Kochen über einem offenen Feuer, beynah fünfmal mehr Brennmaterial erfordert wird, als wenn die Wärme in einer verschlossenen Feuerstätte zusammengehalten und ihre Wirksamkeit gehörig angewendet wird. Da aber auch hier wieder das Brennmaterial mit der größten Sorgfalt angelegt wurde, so ist es deutlich, daß bey der gewöhnlichen Kocherey dieser Unterschied noch weit größer ist.

Aus mehreren Berechnungen, die ich mit der größten Genauigkeit über die in den Küchen verschiedener Privatfamilien verbrauchte Quantität des Brennmaterials, in Vergleich mit den dadurch zubereiteten Arten von Speisen, angestellt habe, erhellet, daß durch meine Verbesserungen zum wenigsten *neun Zehntel* des wirklich verbrauchten Holzes hätten erspart werden können.

Aber nicht allein die Küchen mit offenen Feuerstätten, sondern auch die mit verschlossenen, und überhaupt alle Arten derselben, die ich kenne, sind noch einer großen Verbesserung fähig. Doch davon im nächsten Abschnitt.

---

## VI.

*Ein merkwürdiger*  
**HOF UM DEN MOND;**

beschrieben

VON

WILL. HALL

aus Whitehall \*).

In der Nacht am 18ten Februar 1796. zeigte sich zu Whitehall, unweit Berwick, ungefähr um 10 Uhr, ein sonderbarer Hof um den Mond, wie ihn Taf. IV. Fig. 8. vorstellt. Der Mond war etwas über halb voll, stand ungefähr in Südwest beynahe  $54^{\circ}$  hoch, und hatte zwey Höfe: einen kleinen, der vollkommen rund, mit dem Monde concentrisch, und zwischen  $8$  bis  $12^{\circ}$  im Durchmesser zu seyn schien; und einen größern, der durch den Mittelpunkt des Mondes selbst ging, den kleinern durchschnitt, und sich rings am Himmel in geneigter Lage umherzog. Der höchste Punkt dieses größern Hofes war der Mond selbst, und der niedrigste gegenüberstehende Punkt desselben schien nur  $14^{\circ}$  über den Horizont erhaben zu seyn, so daß der Durchmesser dieses Hofes  $112^{\circ}$

\*) Aus den *Transact. of the R. Soc. of Edinb. Vol. 4.*  
 p. 173.

einnahm. Ob er völlig kreisrund war, darüber läßt sich nichts entscheiden, da ich nicht verschiedene Durchmesser desselben messen konnte; weil er indess den andern Hof unter einem kleinern Winkel als hier in der Zeichnung zu durchschneiden schien, so mochte er vielleicht etwas elliptisch seyn. Zu genauen Messungen war mir grade kein Winkelmesser bey der Hand; ich machte mir aber einige Merkmale, so gut ich konnte, und maß mittelst dieser die Winkel des andern Tags; und nach dieser Messung ist die Zeichnung gemacht, welche den Mond und beide Höfe auf den Horizont projicirt, in ihrer scheinbaren Lage und Breite, getreu darstellt.

Der kleinere Kreis war merklich hell, besonders zu *West-Reston*, 5 engl. Meilen nördlich von hier, dem einzigen Ort, wo man den Hof auch noch gesehen, und wo es geschienen hatte, als ob er Flammen ausfendete. Auch war der kleinere Hof dort weit länger sichtbar, als hier, wo ein dünnes wollenähnliches Gewölk ihn bald zerstörte, indess der grössere Hof auch hier fast eine Stunde lang gesehen wurde. Die Breite beider Ringe ist in der Zeichnung ziemlich nach Verhältniß, doch eher etwas zu breit, dargestellt. Das Licht beider war weißlich und beträchtlich glänzend, aber ohne Farben; der grössere war der minder helle, besonders blafs da, wo er den kleinen Hof durchkreuzte, und gegen Norden etwas dunkel.

Die Witterung war für die Jahreszeit außerordentlich mild, besonders am Tage, als sich der Hof zeigte; und der Himmel den ganzen Tag über, und auch am Abend, sehr hell; nur zur Zeit des Hofes war es etwas neblig, vorzüglich nach Norden; doch hinderte das nicht, daß der Mond hell schien, und daß man die Sterne, selbst innerhalb des kleinern Hofes, wahrnahm. Der Wind wehte gar nicht, oder doch nur sehr schwach.

Dieser Hof gehörte, wie man sieht, zu den sogenannten *coronis*, und gleicht in etwas dem berühmten Hof um die Sonne, der 1629 zu Rom gesehen und von Scheiner beschrieben wurde. Die schiefe, gegen den Horizont geneigte Lage des großen Hofes, der südwestlich  $54^{\circ}$ , nordöstlich  $14^{\circ}$  hoch war, läßt sich mit Huyghens Theorie schwerlich vereinigen, welcher gemäß solche Ringe parallel mit dem Horizont gehn müßten. Grade so erscheint in Scheiners Zeichnung der Hof um die Sonne zu Rom; und es ist daher wahrscheinlich eine falsche Conjectur, wenn Huyghens diese Zeichnung dahin verändert, daß der Hof parallel mit dem Horizonte liegt.

---

## VII.

### *Eine seltene Lusterscheinung;*

beschrieben

vom

HERAUSGEBER.

**H**err Professor *Wilse* in Norwegen, Pfarrer zu Edsberg bey Friedrichshold, der durch seine topographischen und itinerarischen Aufsätze über Norwegen, und durch seine Witterungsbeobachtungen als Mitglied der Mannheimer meteorologischen Societät rühmlich bekannt ist, erwähnt in einem Aufsatze über seine meteorologischen Beobachtungen in Norwegen \*) einer leuchtenden Erscheinung über der untergehenden Sonne, von der ihm nie etwas in Büchern vorgekommen ist. „Ein senkrechter, etwa 2 Grad breiter Strahl, nach oben zu verengert, steigt 30 bis 50 Grad über die untergehende Sonne herauf, fängt bald

\*) *Aesthetische, mathematische und meteorologische Beobachtungen über Lusterscheinungen, besonders in Norwegen, mit einer nähern Anwendung auf Nebensonnen und Sonnenringe und ihre Prognostica, nach eigener Erfahrung aufgesetzt; ein Aufsatz, den er der Göttinger Societät mitgetheilt hat, und der noch ungedruckt zu seyn scheint. (Gött. igel. Anz. 1794. St. 149.)*

nach Untergang der Sonne an, dauert 10 bis 30 Minuten, und verliert sich nachdem allmählig von oben herunterwärts. Der Tag zuvor ist meist heiter; dreyimal folgte so etwas auf eine Nebensonne, einmal auf einen Sonnenring. Wenn farbige, nicht gar zu dicke Wolken darüber schweben, gehn die Strahlen darüber in die Höhe hinauf, und ihre farbige Röthe ist viel blendender, als der Wolke ihre; also ist der Schauplatz in dem untern Theile des Dunstkreises.,,

Sowohl den 25ten als den 26ten August 1796. hat dieses artige Phänomen sich auch hier bey uns in Halle gezeigt. Am letzten dieser Tage befand ich mich zufälliger Weise kurz nach Untergang der Sonne auf freyem Felde, und konnte dasselbe mit aller Müsse betrachten. Drey matt-röthliche Strahlen schienen von der schon untergegangnen Sonne auszufahren. Sie waren, wie Hr. Wilse sie beschreibt, unterwärts jeder etwa 2 Grade breit, verengerten sich nach oben zu, doch nicht viel, und zeigten sich höchstens in einer Länge von 15 bis 20 Graden. Der am deutlichsten sichtbare stieg senkrecht empor; daneben zu jeder Seite ein andrer Strahl. Der an der südlichen Seite, so nahe bey dem senkrechten, daß beide nur durch ein Kugelsegment von etwa 8 Graden getrennt wurden. Dieses Kugelsegment zeigte sich im schönsten Blau, war bis zu seiner Spitze herab (die einige Grade über dem Horizonte hing) aufs deutlichste zu erkennen, und zog durch den star-

ken Contrast mit dem Lichtschimmer beider Strahlen zuerst meine Aufmerksamkeit auf diese Erscheinung. Der nördliche Strahl mochte gegen den senkrechten unter einen Winkel von 40 Graden geneigt seyn, fiel jedoch weniger als die beiden ersten in die Augen. Am ganzen westlichen Himmel zeigte sich das nach Sonnenuntergang gewöhnliche weißliche Licht, das aber weit matter als der Schimmer der Strahlen war, und das Blau des Kugelsegments nicht schwächte. Ich sah das Meteor etwa 10 Minuten lang; doch möchte es schon eine Zeitlang am Himmel stehn, ehe ich es wahrnahm. Als es verschwunden war, stand am westlichen Himmel eine grauliche Wolke, die ich zuvor wegen des Lichtschimmers nicht so deutlich wahrgenommen hatte. Der Tag war sehr heiß, völlig heiter, doch windig; der Abend empfindlich kühl. Meinem Begleiter (Herrn Prof. Morgenstern in Danzig), den ich auf die Erscheinung aufmerksam machte, erschien sie völlig so wie mir. An einem der folgenden Tage hörte ich, daß auch den 25ten sich ein ähnliches, vielleicht noch schöneres Phänomen ereignet habe. Maurer, die in einem Hause gearbeitet hatten, äußerten gegen den Hausherrn, es sey doch wunderbar, daß die schon untergegangne Sonne noch helle Strahlen geworfen habe.

Herr Wilse erzählt, „er habe dergleichen einmal beobachtet, und eine Nachricht davon dem Herrn von Beguelin, Mitglied der Preussischen



Akademie der Wissenschaften, der genaue meteorologische Tagebücher hielt, überliefert. Dieser habe es für das Zodiacallicht gehalten \*), das könne es aber nicht seyn, da es sich meist zu andern Zeiten als um die Zeit der Nachtgleichen ereignet habe.“

Des Herrn von Beguelin Meinung beweist, daß er weder diese Erscheinung, noch das Zodiacallicht je selbst gesehen habe. Vom Zodiacallichte ist das Phänomen völlig verschieden. Es zeigt sich unmittelbar nach Untergang der Sonne, und dauert höchstens 30 Minuten; das Zodiacallicht hingegen wird erst drey Viertelstunden nach Untergang der Sonne sichtbar. Jenes sind abgestumpfte Strahlen, scharf begränzt, und durch ihr helles Licht unverkennbar. Dieses zeigt sich linsenförmig zugespitzt, als ein so matter ungewisser Schimmer, daß, so aufmerksam ich auch seit vielen Jahren auf diese Erscheinung gewesen bin, es mir doch noch immer zweifelhaft ist, ob ich wirklich das Zodiacallicht schon gesehen habe.

Zwar bemerkte ich nicht selten zur Zeit der Sichtbarkeit desselben einen weißlichen matten Lichtschimmer ungefähr in der Lage des Thierkreises; doch verlief sich dieses Licht immer so in den dunkeln Theil des Himmels, daß nichts von einer linsenförmigen Gestalt zu erkennen war, und schien so ungewiss, daß andre, die ich dar-

\*) *Histoire de l'Académie de Prusse A. 1782. p. 15.*

auf aufmerksam machte, bald gar nichts, bald nichts anderes, als den gewöhnlichen Abendschimmer heller Sommernächte, zu sehn behaupteten.

Unter 93 Erscheinungen von Nebensonnen, Sonnenringen und Mondringen, die Hr. *Wilse* in Norwegen beobachtete, waren nur 8, auf welche kein gutes Wetter erfolgte. Hier sind zwar Mondringe nicht selten, allein Nebensonnen habe ich noch nie, und nur einen einzigen Sonnenring gesehen, der allerdings auch Vorbote von schlechtem Wetter war. Eben das war das oben beschriebne Meteor. Vor dem 25ten und 26ten August hatten wir Wochenlang heiteres sehr heisses Wetter gehabt. Am 27ten stellte sich ein Regen ein, der den ganzen Nachmittag und die Nacht hindurch währte, und das trübe kalte Wetter mit täglichem Regen und vielen Gewittern hält noch jetzt an, (den ersten September 1796, als dieses geschrieben wurde, und dauerte, wenn ich nicht irre, selbst noch längere Zeit fort.)

Dieser Umstand scheint zur Erklärung des Phänomens genutzt werden zu können. Dafs einige Zeit vorher, ehe Regenwetter sich einstellt, grosse Veränderungen in der Atmosphäre, wenn sie uns gleich nicht sichtbar sind, vorgehn müssen, zeigen die Veränderungen am Barometer. Wahrscheinlich wird dabey auch die Dichtigkeit der Luft stellenweise merklich verändert; zugleich an diesen Stellen die brechende Kraft, welche die Luft auf Lichtstrahlen ausübt. Dafs

aber, wenn ein brechendes Mittel von ungleicher Dichtigkeit ist, sich ähnliche Phänomene ereignen, ist den Optikern bekannt.

Oft zeigen sich durch fehlerhafte achromatische Gläser Lichtstreifen. Das ist dem Künstler ein Zeichen, daß das Flintglas, welches er dazu angewandt hat, von ungleicher Dichtigkeit ist, und daß die dem Flintglas beygemischten metallischen Bestandtheile sich nicht gleichförmig mit der Glasmasse vermischt haben. *Blair* \*), ein Schottländischer Physiker, füllte zwischen zwey Convexgläsern von Kronglas flüssige Spiessglasbutter, die so Gestalt und Eigenschaften einer Hohllinse im achromatischen Objectiv bekam. In ein Fernrohr eingesetzt, zeigte ein solches Objectiv zwar farbenlose Bilder; allein da man es nach der Venus richtete, schienen vom Rande der Venuscheibe nach verschiedenen Richtungen Lichtströme wie Kometenschweife auszufahren. Sie vergingen so ziemlich, wenn man das Objectiv schüttelte, kamen aber bald wieder. Zuletzt zeigten sich den bloßen Augen breite Adern in der Spiessglasmasse, und diese Ungleichheiten waren es, welche die Erscheinung bewirkten.

Grade so konnten vielleicht, wenn die Strahlen der schon untergesunknen Sonne auf die her-

\*) *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. 3. 1794.

abwärts sich verdichtenden concentrirten Luftschichten aufhielten, bey Ungleichheiten in der Dichtigkeit einer und derselben Schicht (die nahe auf der Erde unstreitig gröfser als in der Höhe sind), jene helle Lichtstrahlen, die aus der Sonne auszugehen schienen, als Vorboten von Regenwetter entstehen.

Uebrigens verdient aus der angeführten Nachricht vom Wilseschen Aufsatze noch bemerkt zu werden, dafs die 93 darin verzeichneten Luferscheinungen aus 30 *Nebensonnen*, 62 *Sonnenringen* und 1 ansehnlichen *Mondringe* bestehn. Kälte, Abwechslung von Bergen und Thälern, weit in das Land eintretende Meeresbuchten, schnelle Abwechslung der Temperatur (im April und May oft um 20° Reaum. von 5 Uhr Morgens bis 2 Uhr Nachmittags) sind wahrscheinlich Ursach, dafs diese und ähnliche Meteore in Norwegen so viel häufiger, als in den heifsern Ländern wahrgenommen werden.

„Zu Spydeberg sah Herr Wilsø gewöhnlich nach Nachtfrost die dicken Dünste des Stroms *Hömmen* wie eine ausgestreckte Wolke, welche die jenseitige Landschaft in der Luft zu tragen schien; — und den 27 Juni 1789. nahm er um 11 Uhr Nachts auf einer Reise von Spydeberg nach Christiania eine schöne Landschaft in der Höhe in den Wolken abgebildet wahr.“ Leser der vorigen Aufsätze über die irdische Strahlenbrechung werden sogleich wahrnehmen, dafs er-

stieres nichts anderes als das von Monge, Büsch, Gruber u. s. w. beschriebne Phänomen war, welches mit einer *Spiegung herabwärts* verbunden ist, die Herr Wille vielleicht nur überfah. Was also in den Sandwüsten Aegyptens die Erhitzung des brennenden Bodens bewirkte, grade das scheint in Norwegen beym Froste durch Erkältung der Luft über dem wärmer bleibenden Boden bewirkt zu werden, nemlich eine Temperaturerhöhung der Erdoberfläche über die Wärme der Luft, wodurch die von Gruber erprüfte Strahlenbrechung über erwärmte Flächen stark genug wird, ihre überraschende Phantome zu erzeugen. — Die *letzte* Beobachtung scheint eine merkwürdige *Spiegung aufwärts* gewesen zu seyn, dergleichen Gruber erwähnt, und es wäre wohl eine nähere Beschreibung derselben zu wünschen.

---

## VIII.

*Einiges aus GREN'S nachgelassenen Papieren.*

(A. d. Ph. II. 484. Befehls.)

*3. Chemische Untersuchung des Amalienbades zu Morsleben im Magdeburgischen.**A) Untersuchung des rohen Wassers.*

**I**ch erhielt das Wasser zu meiner Untersuchung in gut verwahrten und ganz damit angefüllten feineren Flaschen.

Das specifische Gewicht desselben fand ich bey  $13^{\circ}$  R. 1,00042, also nur wenig vom destillirten Wasser verschieden; ein Beweis, daß es bey seinem starken, schon durch den tintenhaften Geschmack merkbaren Eisengehalt, wenig andere Substanzen aufgelöst enthielt. Es war völlig klar und farbenlos, der Geruch etwas hepatisch, und, setzte man es der Luft aus, so überzog es sich mit einer dünnen Haut, und ließ, nachdem viel Luft sich entwickelt hatte, einen gelben Niederschlag fallen. Um die Quantität seiner Bestandtheile zu erfahren, untersuchte ich es mit folgenden gegenwirkenden Mitteln.

1) *Lackmustinctur* wurde davon sogleich geröthet, nach Erwärmung des Wassers aber wieder blau.

2) *Fernambucpapier* wurde vom Wasser nicht verändert, und nur erst spät zeigte sich ein etwas dunklerer Teint seiner Farbe.

3) *Cur-*

3) *Curcupapier* blieb unverändert.

4) *Concentrirte Vitriolsäure* brachte keine Veränderung zuwege, außer daß sich einige Luftblasen entwickelten.

5) *Zuckersäure* machte erst nach 24 Stunden einen äußerst geringen weissen Niederschlag.

6) *Zuckerfaures Gewächssalkali* brachte zwar sogleich einen weissen, aber doch nicht sehr beträchtlichen Niederschlag zuwege.

7) *Aetzendes Mineralalkali* dazu geträpelt, bewirkte einen dunkel olivengrünlichen Niederschlag, der nach 24 Stunden gelblich war.

8) *Aetzendes Ammoniak* machte einen schwärzlichgrünen Niederschlag.

9) *Kalkwasser*. Es wurden gleiche Theile von beiden mit einander vermischt. Es entstand sogleich eine Trübung, und es sonderte sich ein schmutzig grünlicher Niederschlag ab, der in dem offenen Gefäße nach 24 Stunden gelblich war.

10) *Bittersalz* löste sich darin auf, ohne die Klarheit des Wassers im mindesten zu trüben.

11) *Salzsaure Schwererde* bewirkte eine Trübung, und einen weislichen Bodensatz, doch auch in geringer Menge.

12) *Salpetersaure Silberauflösung* machte einen weislichen Niederschlag, mit einer darüber stehenden dunkleren Wolke.

13) *Salpetersaure Quecksilberauflösung*. Das Wasser wurde getrübt, und es entstand ein schmutzig weisser Niederschlag.

14) *Regulinisches Silber*. Eine neue Silbermünze wurde in das Wasser gelegt. Sie war nach 24 Stunden schwach angelaufen.

15) *Essigsäure Bleyauflösung.* Es entstand ein gelblich weißer Niederschlag; der sich im deßillirten Essige nicht ganz wieder auflösete.

16) *Weißer Arsenik.* Einige Gran feingepulverter weißer Arsenik wurden mit 12 Unzen Wasser in einer genau verstopften Flasche einige Tage lang zusammen hingestellt; ich konnte indeffen keine Veränderung in gelben Arsenik wahrnehmen.

17) *Seifenspiritus* machte alles Wasser stark milchigt.

18) *Galläpfeltinctur* brachte sogleich eine schwarze Farbe hervor.

19) *Blutlauge.* Es entstand Berlinerblau.

20) *Hahnemanns Weisprobe.* Das Wasser wurde schwärzlich.

21) *Arsenikalische Schwefelleber* brachte ähnliche Veränderungen hervor.

#### B. *Untersuchung des gekochten Wassers.*

Ich ließ sechs Pfunde Wasser in einem gläsernen Kolben im Sandbade auskochen, bis etwa ein Pfund verdampft war, und dann wieder erkalten. Es hatte sich eine Quantität braungelber lockerer Ocher zu Boden gesetzt, und das übrige Wasser war völlig klar. Ich prüfte das klar abgeseigte Wasser durch folgende gegenwirkende Mittel.

1) *Lackmustinctur* blieb unverändert.

2) *Zuckerfaures Gewächssalkali.* Es zeigte sich erst sehr spät eine schwache Trübung.

3) *Aetzendes Mineralalkali* trübte das Wasser nicht bemerkbar.

4) *Kalkwasser* blieb unverändert.

5) *Satzsaure Schwererde* machte einen geringen weißen Niederschlag.



6) *Salpetersaure Silberauflösung.* Es entstand ein weißer Niederschlag.

7) *Galläpfeltinctur.* Sie gab keine Spur eines Eisengehaltes an.

8) *Seifenspiritus* machte das Wasser, etwas trübe.

9) *Salpetersaure Quecksilberauflösung.* Das Wasser wurde gelblichweiß getrübt.

10) Die Auflösung des reinen schwefelsauren Silbers bewirkte einen zarten weißen Niederschlag.

*C. Folgerungen aus den angeführten Versuchen.*

Schon der starke dintenhafte Geschmack des Wassers liefs ganz offenbar auf einen Gehalt an Eisen schliessen; die Versuche A. 18. u. 19. setzten es außer Zweifel, so wie auch A. 7. 8. 9. 20. u. 21. es zeigen. Das Daseyn der *Luftsäure* erhellet aus A. 1. u. 9.; besonders aus dem Verlauf von A. 1. und aus der Vergleichung mit B. 1. u. 4. Der Mangel alles Eisengehalts in dem gekochten und klar vom Bodensalze abgessenen Wasser, nach B. 7. beweist, daß das Wasser ein *luftsaures Stahlwasser* ist, daß es keinen Eisenvitriol enthält, und daß das Eisen darin nur allein durch *Luftsäure* aufgelöst ist.

Die Beschaffenheit des Eisens und seines Menstruums in diesem Wasser erklären denn nun auch sehr leicht die Veränderungen, die es erleidet, wenn es an der Luft steht, wenn es erwärmt, und wenn es gekocht wird, und geben über den Eisenoxyd-Auflösungs, den es in den Bassins und Gerinnen fallen läßt.

Die Versuche von A. 2. u. 3. zeigten die Abwesenheit von freyem Mineralalkali; aber A. 5. u. 6. be-

wiesen die Anwesenheit von *Kalkerde*, die durch *Luftsäure*, oder eine andere mineralische Säure, aufgelöst seyn konnte. *A. 11.* zeigte die *Vitriolsäure*, folglich *vitriolsäure Kalkerde* an, was sich durch *B. 5.* bestätigte. Indessen bewiesen die Versuche mit dem gekochten Wasser, daß ein Antheil der *Kalkerde*, auch durch *Luftsäure* im Wasser aufgelöst sey. Die Versuche von *A. 17.* u. *B. 8.* zeigten das Daseyn *erdiger Mittelsalze* überhaupt an; *B. 4.* aber die Abwesenheit jedes Mittelsalzes, das *Bittererde* oder *Thonerde* zur Grundlage hat. *A. 12. 13. u. 15.* ließen auf *Vitriolsäure* und *Salzsäure* schließen, und *B. 6. u. 9.* gaben die Bestätigung. So wie aber *B. 5.* die *Vitriolsäure* bewies, so gab *B. 10.* die *Salzsäure* unwidersprechlich an.

Das *Hepatische Gas* des Wassers gab sich deutlich durch den Geruch zu erkennen; aber das Anlaufen des Silbers unter dem Wasser nach *A. 14.* und die Färbung der Niederschläge aus der Auflösung des Silbers, Quecksilbers und Bleyes, nach *A. 12. 13. u. 15.*, zeigten offenbar darauf hin; indessen ließ doch der Versuch von *A. 16.* schließen, daß die Basis dieses Gas in nicht sehr beträchtlicher Menge zugegen seyn könne.

#### D. Scheidung der Bestandtheile des Wassers.

Ich ließ das Wasser in einem glatten porzellanenen Napfe, der im Sandbade stand, und wenn es nöthig war, mit einem Deckel verschlossen werden konnte, nach und nach abdunsten. Ich brachte die Vorrichtung, die Flaschen, aus denen ich das Wasser nahm, jedesmal mit destillirtem Wasser nachzuspielen, um so die Eisentheile, die das Wasser etwa hätte fallen lassen, nicht verlohren gehen zu lassen.

Ich concentrirte auf diese Weise nach und nach 24 Pfunde Wasser (zu 16 Unzen deutsches M. G.) bis auf etwa 3 Pfunde.

1) Es hatte sich eine Menge eines braungelben Ochers gesammelt, und das Wasser hatte sein *Eisen* und seine *luftsaure Kalkerde* fallen lassen. Um diese zu scheiden, schüttete ich alles durch ein Filtrum von ungeleimtem Seihpapier, spülte den Napf sorgfältig mit destillirtem Wasser aus, und küßte den Rückstand im Filtro damit aus.

2) Den im Filtro gesammelten Bodensatz (1.) übergoß ich, ehe er noch trocken war, mit verdünntem Königswasser. Er löste sich mit mäßigem Aufbrausen darin auf. Die durchgeseihete und mit destillirtem Wasser aus dem Filtro nachgespülte Lauge hatte eine goldgelbe Farbe, und enthielt das *Eisen* und die *Kalkerde*. Ich schied das erstere durch ätzendes Ammoniak, die letztere durch luftsaures Gewächssalkali, und erhielt an *Eisen* 12 Gran, und an *luftsaurer Kalkerde* 9 Gran. Daß die letztere keine Bittersalzerde enthielt, erhellte daraus, daß ihre Auflösung in Salpetersäure vom Kalkwasser nicht getrübt wurde.

3) Das durchgeseihete Wasser und die vom Ausfassen des Rückstandes im Filtro (1.) gesammelte Lauge ließ ich nun in dem porzellänenen Napfe bis zur völligen Trockniss verdunsten. An der Wand des Gefäßes hatte sich ein Ueberzug angelegt, der durchs Mikroskop betrachtet spiefsigt auslahe; auf dem Boden des Napfes befand sich etwas graulich-weiße, mehr körnige, Salzmasse, die nachher wieder etwas Feuchtigkeit anzog. Ich sammelte diesen Rückstand genau zusammen, schüttete ihn in ein kleines Filtrum von Löschpapier, das in einem kleinen gläsernen Trichter lag, spülte den Napf

mit Alkohol rein aus, und goss die Lauge auf den Rückstand im Filtro. Die durchgelaufene geistige Lauge goss ich zu wiederholtenmalen wieder auf Fium zurück, und säßte zuletzt den Rückstand darin mit frischem Alkohol aus.

4) Die durchgeseihete geistige Lauge (3.) ließ ich in einem auf einer empfindlichen Waage abtarirten kleinen Glase auf dem Stubenofen bis zur völligen Trockniß abdunsten. Sie hatte eine gelbliche Farbe, und gab an zerfließbarer Salzmasse  $7\frac{1}{2}$  Gran. Es war *salzsaure Kalkerde*. Denn die Auflösung davon im destillirten Wasser schlug den Silbervitriol nieder, wurde aber mit dem Kalkwasser nicht trübe. Sie enthielt folglich auch nichts von Bittersalzerde oder Thonerde.

5) Der im Filtro gebliebene Rückstand von der geistigen Ausziehung (3.) wog nach dem Trocknen 18 Gran. Er war *vitriolsaure Kalkerde*, oder Gyps. Kochsalz konnte ich in ihm nicht entdecken. Glaubersalz oder Bittersalz konnten aber, schon wegen der salzsauren Kalkerde (4.), nicht im Wasser seyn.

6) Die aus 24 Pfunden Wasser erhaltenen festen Bestandtheile waren also: 12 Gran Eisen; 9 Gran *luftsaure Kalkerde*;  $7\frac{1}{2}$  Gran *salzsaure Kalkerde*, und 18 Gr. Gyps.

7) Jetzt waren nun noth die *flüchtigen* Bestandtheile des Wassers zu bestimmen. Ich brachte zu dem Ende von dem Wasser aus den am besten verwahrten Bouteillen in eine gläserne Retorte, die mit einem langen Halse versehen und mit dem pneumatischen Apparat verbunden war. Ich süßte die Retorte ganz damit an, und brauchte dazu  $21\frac{1}{2}$  Unzen-Maasse Wasser. Ich brachte das Wasser im Sandbade zum Kochen, und erhielt es darin so lange, bis

keine Luft mehr überging. Ich erhielt nach Abzug der atmosphärischen Luft 8 Unzen - Maasse Luftsaures Gas, die vom Kalkwasser verschluckt wurden. Das Wasser enthält also im Pfunde sehr nahe 6 Unzen - Maasse an *luftsaurem Gas*. Ich bin indefsen überzeugt, daß das frische Wasser an der Quelle einen merklich größern Gehalt an Luftsaure haben müsse.

Ohngeachtet der Geruch des Wassers und die gegenwirkenden Mittel Spuren von hepatischem Gas anzeigten, so konnte ich doch durch Destillation des Wassers nichts dergleichen, auf keine Weise, besonders darstellen.

#### E. Resultat dieser Untersuchung.

Aus den bisher erzählten Versuchen erhellet also, daß das Wasser des Amalienbrunnens ein *luftsaures Stahlwasser*, mit etwas *hepatischem Gas* verbunden, sey; und es enthält

1 Pf. Wasser (zu 16 Unzen medic. Gew.)

an Eisen		$\frac{1}{2}$ Gr.
luftsaurer Kalkerde	-	$\frac{1}{8}$ —
salzsaurer Kalkerde	-	$\frac{1}{16}$ —
vitriolsaurer Kalkerde		$\frac{1}{2}$ —

an festen Substanzen überhaupt  $1\frac{1}{16}$  Gr.

an luftsaurem Gas 6 Unzenmaasse.

an hepatischem Gas eine noch unbestimmte Menge.

Es gereicht dem Wasser zu einem sehr großen Vortheil, daß es bey seinem starken Eisengehalt eine so ungewöhnlich geringe Menge anderer Bestandtheile enthält. So wie der Arzt in sehr vielen Fällen einfache Arzneymittel den zusammengesetzten vorzieht, so wie er es da in seiner Gewalt hat, ihre wesentlichen Kräfte besser beurtheilen, sie nach Ge-

fallen abändern, verstärken und schwächen zu können; so verdient dieses so reine Stahlwasser gewiß die Aufmerksamkeit der Aerzte, die es zu benutzen Gelegenheit und guten Willen haben. Wenn nicht schon eine mehrjährige Erfahrung den großen Nutzen beym äußern und innern Gebrauch dieses Wassers bewährt hätte, für welchen auch die öffentliche Empfehlung meines verehrungswürdigen Lehren, des Hrn. Hofrath *Beiris* in Helmstädt, bürgt, so wird doch jeder rationelle Arzt aus den jetzt zergliederten Bestandtheilen desselben sehr leicht die zahlreichen Fälle beurtheilen können, wo seine Anwendung indicirt ist, und sein nützlicher Gebrauch statt findet.

*Dr. F. A. C. Gren.*

---

---

# ANNALEN DER PHYSIK.

---

## DRITTER BAND, VIERTES STÜCK.

---

### I.

#### BEOBACHTUNGEN

*über die Strahlenbrechung auf erwärmten Flächen;*

vom

Abbé TOBIAS GAUBER,  
K. K. Kameral-Baudirector in Prag \*).

In meinen physikalischen Briefen aus Krain, die im Jahr 1781. gedruckt wurden, habe ich eines merkwürdigen Phänomens erwähnt, das ich sowohl auf dem ebenen Zirknitzer Seeboden, als in den viele Meilen weiten Ebenen des Temeswarer Ban-

\*) Ein Auszug aus dessen *Physikalischer Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung auf erwärmten Flächen*, in den Abhandl. der böhmischen Gesellsch. der Wissensch. B. II. und daraus auch besonders abgedruckt, Dresden 1787. 35 S. 4. Ist dieser interessante Aufsatz gleich schon vor mehrern Jahren erschienen, so scheint er doch nur wenig bekannt zu seyn, und ich darf hoffen, daß der Leser diesen gedrängten Auszug daraus um so weniger für veraltet und



natt, besonders wenn sie sich bis in den Horizont zu verlaufen schienen, häufig wahrgenommen habe. Der Luftkreis schien etwa 6 Fuß hoch über der Ebne so verdickt \*) zu seyn, daß er die Strahlen, die hier sehr schief einfielen, nicht hindurchließ, sondern zurückwarf, wodurch sonderbare optische Täuschungen veranlaßt wurden. So z. B. zeigten sich von einem Dorfe, das 1000 bis 2000 Klafter entfernt schien, bloß die Dächer, einem Wäldchen ähnlich; die über die Ebne hervorragenden Warthügel ohne Grundlage, und die höher emporragenden Gegenstände, Bäume, Gebäude, Thürme u. s. f., weil sie wie auf einer Wassertebene sich spiegelten, in doppelter Größe. Ich glaubte große Seen in weiter Ferne, die am Horizont wie Meere wurden; zu sehn; näherte ich mich ihnen, so verschwanden sie bald, bald entfernten sie sich immerfort, und wenn ich vom Sitze meines Wagens aufstand, und mich etwa 3 Fuß hoch erhob, nahmen sie ab, oder erschienen gar nicht mehr. Diese Erscheinungen über-

überflüssig halten wird, da vielleicht mancher sich an den Ausdruck der Urschrift und an eine kleine Ueberladung stieß. Er gehört zu den Hauptschriften in dieser Materie, die spätern Bemerkungen Huddarts, Monges, Vincés u. a. schlossen sich an ihn auf beste an, und auch H. Woltmann baut auf ihn im folgenden Aufsatz fort.

d. H.

\*) Hr. Abbé Gruber nimmt diesen Ausdruck nachher selbst zurück; da die Dünste die Luft viel mehr verdünnen.

d. H.



raschten mich sehr, bis ich ihre Ursachen ertränkte:  
Die Reflexion des grauen Himmels giebt der Spiegelnden Luft das Ansehn von Wasser; worin sich die erhabnen Gegenstände abbilden und noch einmal so groß werden; nach der Beschaffenheit des Landes zeigen sich Seen von verschiedenem Umfang, und wenn der Zuschauer sich erhebt, wird der Einfallswinkel verringert, und nun hört die Zurückwerfung auf, und die optische Täuschung verschwindet. Ich bemerkte dieses meist im Frühjahr; und die Luft konnte nur 6 bis 7 Fuß hoch über der Erdofläche die optische Täuschung bewirken.

Alle Bemerkungen, die ich seitdem noch über diese Erscheinungen angestellt habe; und die vielen vom Herrn Prof. Basch erzählten Phänomene dieser Art \*) beweisen: 1) daß auch unpolirte, rauhe, höckrige, ja getimne Erdoflächen, unter gewissen Bedingungen alles das bewirken, was spiegelnde Flächen in eben der Lage darstellen; 2) daß man dieses weder eine Strahlenabprallung (denn dabey spielt grade die Strahlenbrechung eine wesentliche Rolle), noch eine horizontale Refraction nennen dürfe, weil es (wie die Folge zeigen wird) auch auf allen andern Flächen unter jedem beliebigen Neigungswinkel gegen den Horizont stattfinden kann; 3) daß der Raum über der

Bb 2

\*) Annal. d. Phys. III. Aufsatz 3:

Fläche, innerhalb welches diese Spiegung vorgehet, nach Verschiedenheit der Umstände bald höher, bald niedriger ist, wie es das Entstehen, Verändern und Verschwinden des Phänomens bey einerley Lage des Auges offenbar beweist; und 4) dafs bey einer bestimmten Höhe des spiegelnden Luftraums auch das Auge eine bestimmte Höhe hat, innerhalb welcher die Erscheinung im weitesten Umfange sichtbar ist, abnimmt und verschwindet; je mehr das Auge sich in dieser Höhe erhebt, desto weiter scheint das Bild in die Ferne zu gehn, bis es ganz verschwindet.

Nach vielem vergeblichen Umhersehn nach einem Orte, wo diese Erscheinung sich genauer untersuchen liesse, fand ich ihn unvermuthet im Fenster meiner Wohnung, aus welchem ich den Fries und den Vorsprung des Architravs am dranstossenden Hause übersehn konnte. Der Kalkbewurf hatte einige sanfte Vertiefungen, die 4 bis 5 Linten unter die Ebne hinabgehn mochten; und in diesen Vertiefungen spiegelte sich die Fäce eines am Ende stehenden Hauses, so oft die Mauer stärker als die umgebende Luft erwärmt war. War die Fäce nicht beleuchtet, und daher dunkler als die Fläche des Frieses, so erschienen in den Vertiefungen dunkle Streifen; wurde sie dagegen beleuchtet, so zogen sich hellweisse Streifen durch die Vertiefungen. Längs der Ebne des Frieses schien eine wallende Atmosphäre zu schweben, die das Möckrige der sich spiegelnden Fäce nach

einer Richtung senkrecht auf dem Fries verläugerte. Erhob man das Auge über die Ebne des Frieses, so zog sich die Spiegelung in die Vertiefungen zusammen; das Bild entfernte sich immer mehr, wurde dabey kleiner, und verschwand endlich ganz, wenn die abprallenden oder gebrochenen Strahlen es nicht mehr erreichten, und zwar bey zunehmender Wärme erst bey weitem Entfernungen \*). Bey einem sanften Winde erweiterte sich das Bild, und die Umrisse kamen in eine wellenförmige Bewegung; auch aus Höhen, in welchen es noch unsichtbar war, erblickte man es, sobald ein Luftzug über den Fries hinfuhr, und es schien dann gleich forteilenden Wellen durch die Vertiefungen hinzuziehn. Dieses Schauspiel zeigt sich, wenn die Sonne eine Zeitlang geschienen hat, jedem, der nicht zu kurzichtig ist.

\*) Die kleinste und die größte Erhebung über der Ebne des Frieses, bey welcher ich das Bild wahrnahm, war  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll. Die Entfernung des Auges vom Mittelpunkte der Erscheinung liefs sich nicht genau messen, ist auch nach Verschiedenheit der Temperatur zu veränderlich; ich schätze sie ungefähr auf 4 Klafter, wenn das Auge  $\frac{1}{4}$  Zoll über der Ebne des Frieses stand. Das gäbe einen Abprallungswinkel von 3 Minuten, folglich, wenn die Entfernung des Auges von der erwärmten Erdofläche 7 Fuß betrug, wie in den zuerst angeführten Erscheinungen, eine Entfernung des Bildes von 1344 Klaftern, welches recht gut mit meiner Erzählung übereinstimmt.

und ich bin überzeugt, daß es sich unter gleichen Umständen auf allen großen Mauerflächen zeigen müsse. — Der Barometerstand hat auf diese Erscheinung keinen oder doch nur einen sehr geringen Einfluß, denn sie zeigt sich bey sehr verschiedenen Barometerhöhen, und zwar nur dann, wenn die Ebne den gehörigen Grad von Wärme erreicht hat. Das Thermometer hingegen stand alsdann, an der Mauer gehalten, stets um einige Grade höher, als in der freyen Luft.

Daraus schliesse ich, 1) daß die Strahlenabprallung oder Brechung bloß daher entstehe, weil die Mauer stärker als die umgebende Luft erwärmt ist, und daß sie bey zunehmender Temperatur grösser wird; 2) daß die Luftschicht an einer solchen spiegelnden Ebne *dünnere* als die andre Luft seyn müsse; wie man das an dem Aufwärtssteigen der Lufttheilchen längs der erwärmten Fläche (das ohne Verdünnung derselben nicht geschehn könnte), und an der wellenförmigen Bewegung des Bildes, die aufwärts zu gehn scheint, deutlich wahrnimmt; und 3) daß die Strahlenabprallung oder Brechung über der erwärmten Fläche, durch diese verdünnte, oscillirende Luft bewirkt wird, da man schon bey jedem Lichte, beym Kohlenfeuer und bey den Dämpfen, die aus dem Schorsteine aufsteigen, sich überführen kann, daß wärmere Luft die Gestalt der Gegenstände verzieht, und in bebande Bewegung bringt.

Hierauf gestützt, versuchte ich diese Erscheinung in meinem Zimmer zu bewirken; und das gelang mir völlig. Eine 8 Fuß lange, 2 Zoll breite und  $\frac{1}{2}$  Zoll dicke Eisenstange wurde so viel als möglich grade gereckt, an einer Seite eben gefeilt, und, um ihr allen Glanz zu benehmen, mit einer schwarzen Erdfarbe bestrichen; darauf über einem Kohlenfeuer erhitzt, und so an ihren Enden auf zwey Unterlagen, in senkrechter Richtung auf eine quer davorstehende Wand, die 2 Klafter davon entfernt war, gesetzt. Durch ihre Schwere senkte sich die Stange in der Mitte  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Linien tief; in der Richtung ihrer Länge war an der Wand ein weißes Papier befestigt, und vor der Stange, 18 Fuß weit vom Mittelpunkte der Senkung, ein achromatisches Fernrohr mit einem Stativ gesetzt.

Alle Gegenstände, die man längs der Kanten der Stange betrachtete, erschienen in verzogener Gestalt, als würde ihre Contur von der Oberfläche des Eisens angezogen. Anfangs wallte die Luft bis auf 6 Zoll über der Stange, und wenn das Auge sich der Ebne der geschwärzten Eisenfläche allmählig näherte, so verwandelte sich plötzlich das Schwarz der Stange in das Weiß des dahinter hängenden, sich spiegelnden Papiers. Mit abnehmender Wärme des Eisens zog sich, bey unverrücktem Augenpunkt, das weiße Bild in die Mitte der Senkung zusammen; hier zeigte sich ein weißer Queerstrich, die übrige Stange war schwarz. Der Augenpunkt, aus wel-

chem die Erscheinung zuerst sichtbar wurde, lag 9 Linien über der Ebne durch die Endpunkte der Stange. Wurde das Auge bis zu dieser herabbewegt, so verschwand das Bild, und der Winkel der Sichtbarkeit des Bildes betrug daher 12 Minuten.

Einer der folgenden Versuche belehrte mich, daß dieser Winkel zugleich mit der Wärme abnimmt. Bey einer Entfernung von 42 Fuß vom Mittelpunkt der Senkung, hatte er, als das Barometer auf 28 Wiener Zoll und 3 Linien, und das Reaumur'sche Thermometer an der Luft auf 11°

stand, die Gröſsen, welche beystehende Tafel angiebt,	Wärme der Eisenstange.	Win- kel.
Während der vier ersten Be-	1) 52° R.	23'
obachtungen stand ein Fen-	2) 45° —	18'
ster auf; dieses wurde als-	3) 36° —	13'
dann zugemacht, und so-	4) 27° —	9'
gleich verminderte sich der	5) 24° —	6'
Winkel der Sichtbarkeit von	6) 22° —	9'
9 auf 6 Minuten, stieg aber,	7) 20° —	6'
	8) 19° —	4'
	9) 16° —	2'

als vor dem 6ten Versuche das Fenster wieder geöffnet wurde, aufs neue auf 9 Minuten; ein offener Beweis, daß der Luftzug die Sichtbarkeit des Bildes vergrößert. Doch findet wegen der Osoillation des Bildes bey diesen Winkeln keine große Schärfe statt. — Als ich bey einem andern Versuche den weißen Streifen, der sich in der Mitte der Eisenstange abbildete, aus verschiedenen Weiten betrachtete, zeigte er sich aus größern

Entfernungen beträchtlich erweitert. Auch vergrößerte sich das Bild, so wie das Fenster geöffnet wurde, durch den Luftzug. Bey Entfernungen des Auges vom Mittelpunkte der Senkung von 16, 23, 55, 41 Fuß, betrug nemlich, ungeachtet die Stange sich während der Beobachtung abkühlte, die scheinbare Gröſſe des Papiers 14', 16', 15', 18'. Bey der zweyten Beobachtung war ein Fenster geöffnet worden, wodurch das Papier nicht nur scheinbar größer wurde, sondern auch höher heraufrückte. Bey den folgenden war das Fenster wieder geschlossen.

Um den *Neigungswinkel* der einfallenden Strahlen gegen die Eisenfläche, und den *Ablenkungswinkel* der Strahlen, die vom erwähnten Eisen ins Auge kämen, mit möglichster Genauigkeit zu finden, diente folgende Vorrichtung. Die beiden Ruhepunkte der Stange *D* (Fig. 1. Taf. VI.) wurden genau ins Niveau gebracht, da denn das erwärmte Eisen sich 2 Linien tief in der Mitte *F* senkte; 39 Fuß vor dieser Senkung stellte ich in *O* ein achromatisches Fernrohr mit einem Niveau horizontal, ungefähr in der Mitte zwischen der kleinsten und größten Höhe, aus welchen das Bild sichtbar war, und 19 Fuß  $2\frac{1}{2}$  Zoll hinter derselben eine mit weißem Papier bespannte Tafel *AM*, an welche mein Gehülfe die Spitze eines Bleystifts von oben herabführte, bis das Bild derselben durch das Telescop gesehen, in der Mitte der Senkung erschien. Dieser Stand des Bleystifts *L* wurde an der Tafel bezeichnet,



eben so das Niveau des Auges  $M$ , und sowohl  $ML$ , als  $FG$  (der Abstand der Einsenkung  $F$  vom Niveau des Auges  $O M$ ) gemessen, Bedeutet  $AB$  die Horizontallinie durch  $F$ , so wurde dadurch  $AL = FG - ML$  bestimmt. Daraus fanden sich aus 8 Beobachtungen, die hintereinander angestellt wurden, (und bey denen das Fernrohr, weil der Winkel der Sichtbarkeit mit der Wärme abnahm, dreyimal weiter herabgesenkt werden mußte,) folgende Einfalls- und Ablenkungswinkel:

Wärme der Eisenstange	Neigungs- winkel $AFL$	Ablenkungs- winkel $BFO$
58° R.	29' —	22' 10"
35 —	20 —	16 —
33 —	16 40	derselbe
30 —	14 50	derselbe
29 —	15 —	14 10
27 —	16 30	derselbe
21 —	13 20	9 50
18 —	9 50	derselbe *).

Das Barometer stand 28 w. Zoll  $4\frac{1}{2}$  Linien, und das Thermometer in freyer Luft  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  hoch. Im Durchschnitt genommen waren also die Winkel  $AFL$  grösser als die Ablenkungswinkel  $BFO$ , worüber ich nachher noch einiges sagen werde. — Bey einem andern Versuche, wo das Ende der Stange  $C$  etwas tiefer als  $D$  lag, waren die Win-

\*) Ich weis nicht, ob dieser Ausdruck sich auf die daneben, oder auf die darüberstehende Zahl bezieht; auch sagt der Verfasser nichts über die Unregelmässigkeit in den Neigungswinkeln  $AFL$ .  
d. H.



kel *AFL* beynahe dreymal gröfser als die Winkel *BFO*.

Zuletzt liess ich noch farbige Scheiben und andre Gegenstände hinter der erwärmten Eisenstange auf und nieder bewegen. Sie wurden insgesammt so kenntlich (nur etwas bebend und niedergedrückt) auf der Stange dargestellt, als wenn ein Glasspiegel auf ihr läge, der alles *umgekehrt* zurückwürfe. Am schönsten präsentirte sich ein brennendes Licht, das wie ein helleuchtendes Sternchen an der Oberfläche des Eisens strahlte \*).

Auch als ich die erwärmte Eisenstange zur Nachtzeit in ihrer Mitte an einer Zange aufhing, so dafs sie sich herabwärts krümmte, spiegelten sich die Gegenstände, und besonders ein Licht, aus einer gewissen Entfernung, in der Mitte der nach unten zu liegenden Vertiefung sehr deutlich, obgleich die erwärmte, aufwärts wallende Luft nun nicht hoch über der spiegelnden Fläche liegen konnte.

\*) Bey einem dieser Versuche, als das Barometer auf 28 w. Zoll  $\frac{1}{2}$  Linie, und das Thermometer in der freyen Luft auf  $9^{\circ}$  stand, hörte die Spiegelung schon auf, als das Eisen sich von  $62$  bis  $30^{\circ}$  erkaltet hatte. Ob das etwa von der Dünneheit der Luft herrührte, da dieser Barometerstand 2 Linien unter hiesigem Varium (?) war. — Uebrigens dürfte diese Eigenschaft erwärmter Körper sich trefflich zu optischen Blendwerken brauchen lassen.

Als die Eisenstange auf Glasstäbe gelegt, *electrisirt* wurde, änderte sich nichts; obgleich ich ihr, während sie sich vom  $42^{\circ}$  bis  $10^{\circ}$  Wärme abkühlte, zehnmal hintereinander Electricität gab und nehmen liess, konnte ich doch keinen Unterschied im Bilde und dessen Grösse, der durch bewirkt worden wäre, wahrnehmen.

Ob aber die Spiegelung nicht durch Dünste erregt oder erweitert werde, darüber bestimmte meine Versuche nichts mit Gewissheit. Denn die erwärmte Eisenstange mit einem nassen Pinsel überstrichen wurde, schien es mir zwar, als wolle sich das Bild bey Erhebung des Pinsels zeigen, allein das zu sichtbare Ansteigen der Dünste hinderte die Beobachtung. — Es würde interessant seyn, wenn andre Physiker diese so leichten Beobachtungen weiter verfolgten, aus denen über die irdische Strahlenbrechung noch mancher Aufschluss zu hoffen ist.

Von diesen Versuchen glaube ich eine leichte Anwendung auf das zu Anfang erwähnte Phänomen einer Strahlenablenkung in der Natur machen zu können. Man denke sich eine durchhitze Erdoberfläche  $AB$  (Fig. 2, Taf. VI.), welche die über ihr liegende Luftschicht bis  $CD$  so erwärmt, daß sie der Strahlenablenkung fähig wird; so muß die Luft, dicht an der Erdoberfläche, am meisten verdünnt seyn, mithin die Strahlen am stärk-

en ablenken, und diese Wirkung sich aufwärts, als zur gemeinen atmosphärischen Verdickung der Luft \*), allmählig verlieren. Dadurch muß

1) in der Luft eine *oscillirende Bewegung* entstehen, indem die dünnere Luft heraufsteigt und die dickere herabsinkt; sie zeigt sich in der That über jeder Erdoberfläche, die von der Sonne eine Zeitlang beleuchtet ist, und Liesganig beklagt sich sogar, daß ihm die dadurch bewirkte bebende Bewegung der Objecte, bey starkem Sonnenschein, auf den großen ungarischen Ebenen in seinen Messungen sehr hinderlich gewesen sey \*\*).

2) Muß in diesem von unten nach oben sich verdickenden Luftraume eine Strahlenbrechung vor sich gehn, die der gewöhnlichen gerade entgegengesetzt ist. Die gewöhnliche macht die Lichtstrahlen nach oben zu convex, und erhebt die fernsten Gegenstände über den Horizont; diese ungewöhnliche bricht dagegen die Lichtstrahlen so, daß sie nach unten zu convex werden, und drückt dadurch die Bilder entfernter Gegenstände (also auch z. B. den scheinbaren Seehorizont) unter den wahren Horizont herunter; und hierin liegt der Grund der sonderbaren Phänomene, wel-

\*) Huddarts Fläche der größten Dichtigkeit und Brechbarkeit, Ann. d. Ph. III. Auff. 1.

\*\*) *Dimensio graduum Viennensis et Hungarici*, Vindob. 1770. 4. Man vergleiche damit des Grafen von Rumford Beobachtung, Ann. d. Ph. II. S. 185.

che bey der irdischen Strahlenbrechung vorkommen\*).

3) Strahlen, wie *MGo* und *LHO* (Fig. 1) welche in diesen Luftraum bey einerley Beschaffenheit desselben parallel einfallen, müssen gleichmäßig gekrümmt werden, und ihre Ablenkungsscheitel *G*, *H*, gleich hoch über dem Erdhorizont liegen. — Wird der Einfallswinkel (d. h. der Winkel des Strahls mit dem Perpendikel auf der brechenden Fläche) spitzer, wie z. B. bey dem Strahl *MFo*, so nähert sich der Ablenkungsscheitel *F* der Horizonte, und fällt umgekehrt bey Strahlen wie *MEo*, die unter stumpfern Winkeln einfallen, höher hinauf\*\*). — Zieht sich endlich der

\*) Dieses ist, wie man sieht, vollkommen die Theorie, woraus *Huddart* Ann. d. Phys. III. Auff. 1. die von ihm beobachteten Phänomene gewöhnlicher Strahlenbrechungen auf eine leichte und glückliche Art erklärt. Schade, daß *H. Gruber* nicht mehrere Versuche über den Einfluß der Wasserdämpfe auf diese Brechungen anstellte, da sie nach allen Beobachtungen dabey so beträchtlich mitzuwirken scheinen.

d. H.

\*\*) Daraus erklärt sich die zweyte Beobachtung *Dalby* Ann. d. Phys. III. 276. Anm. ohne Schwierigkeit. Die Strahlen, die von den näherliegenden Pfählen durch die verdünnte Luftschicht ins Auge kamen, fielen unter spitzern Winkeln ein: so kamen sie also auch ins Auge, da ihre Tangenten unter die Tangenten der

dünnte Luftraum bey abnehmender Wärme zusammen, so wird bey unveränderter Lage des Objects und des Auges, jeder Einfall-, mithin auch jeder Ausfallswinkel spitzer. Hiëraus erklärt sich die Erweiterung des Bildes bey niedrigerer Lage des Auges, oder bey Vergrößerung der verdünnten Luftschicht; so wie die Zusammenziehung des Bildes in den Vertiefungen, bey Erniedrigung dieser Luftschicht mit abnehmender Wärme.

4) Je mehr sich das Auge, bey unveränderter Höhe des verdünnten Luftraums und bey unveränderter Lage des Objects, erhebt, desto weiter müssen die Reflexionen, oder vielmehr die Ablenkungsscheitel der Strahlen, vom Auge forttrücken. Denn, rückt das Auge aus  $O$  in  $o$  (Fig. 2.) hinauf, so wird nicht mehr der Strahl  $MH$ , sondern ein mit ihm paralleler  $LG$ , der einen entferntern Abprallungsscheitel hat, durch Refraction ins Auge kommen, und zwar wird sich ungefähr verhalten  $RO:Bo$ , wie  $BF:Bf$ ; daher kömmt es, daß das beschriebne Phänomen auf grossen Ebenen, bey Erhebung des Auges in die Ferne, zu fliehen scheint.

5) Ist  $LIO$  (Fig. 3) der unterste Strahl, der unter einem spitzen Winkel in den nach unten sich verdünnenden Luftraum einfällt, mithin der unterste, mit welchem sich die reflexionsartige Ableit-

Strahlen von den entferntern Pfählen scheitern, diese Pfähle folglich über dem Niveau setzen, und zwar bey grösserer Weite höher darüben erhaben scheinen.

M. H.

kung anfängt; so werden die Strahlen von allen Punkten, die unterhalb  $L$  nach dem Auge zu liegen, durch die Brechung zwar etwas, doch weniger abgelenkt, und zwar so, daß sie um desto weniger erniedrigt werden, je näher sie vom Auge liegen. Irgend einer dieser Strahlen, z. B.  $PO$ , wird dem reflectirten Strahl  $LIO$  so nahe laufen, daß die Punkte  $P$  und  $L$  im Auge neben einander erscheinen. Aus dem Raum  $PL$  kommen alsdann entweder gar keine Strahlen ins Auge, oder sie vermischen sich mit dem Contur des reflectirten Bildes, wie sich das wirklich öfters ereignet. — Befindet sich das Auge innerhalb des sich verdünnenden Luftraums, so können die Strahlen oberhalb desselben blos durch Brechung, die unterhalb desselben aber sowohl durch Brechung als durch Abprallung sichtbar werden. — Hieraus erklärt sich die Bemerkung der Deicharbeiter bey Busch (Ann. d. Ph. III. 297.), welchen das gegenüberliegende Elbufer den Morgen, als sie an die Arbeit gingen, so hoch schien, als läge es am Deiche, indess es späterhin, als das Phänomen wahrzunehmen war, sank. Das Gestade mußte nemlich durch die ungewöhnliche Strahlenbrechung niederzusenken scheinen, und bey zunehmender Wärme das erweiterte Bild sich verlieren.

6) Das Auge liege in oder über dem verdünnten Luftraum, so ist es möglich, daß aus einem Punkte  $M$  eines entfernten Gegenstands  $H$  mehrere Strahlen, die in einer Verticalfläche zwischen

sehen

schen den Strahlen  $MQO$  und  $MFGO$  (Fig. 4.) liegen, zugleich ins Auge kommen. Denn, stehn die Sinusse der Einfalls- und Austrittswinkel gegen einander in einerley Verhältniß, oder ist  $CF : TS = CQ : TN$ ; so müssen auf  $NS$  so viel Ausfalls- als auf  $FQ$  Einfallswinkel vorhanden seyn. Da sich nun unsrer Voraussetzung gemäß, jede Einfallsdistanz von  $F$ , zu der ihr entsprechenden Ausfallsdistanz von  $S$ , wie  $FQ : SN$  verhalten muß (denn es ist  $CQ - CF : TN - TS = CF : TS$ ); so müssen alle Strahlen, welche aus  $M$  ausgehn, und auf  $FQ$  einfallen, um bey ihrem Austritte zwischen  $S$  und  $N$  verhältnißmäßige Sinusse ihrer Austrittswinkel zu erhalten, durch denselben Punkt  $O$  gehn, worin sich das Auge befindet. Im Fall das Auge niedriger als der Punkt  $M$  steht, werden, so wie die Winkel  $MFC$  abnehmen, die Ablenkungsscheitel dieser Strahlen immer weiter von  $G$  nach  $O$  zu rücken, bis endlich das ablenkende Medium aufhört, oder (ist das Auge innerhalb desselben) der Ablenkungsscheitel zuletzt selbst in den Punkt des Auges fällt. Im Fall das Auge ausserhalb dieses Medii höher als der leuchtende Punkt liegt, (wenn z. B.  $O$  der leuchtende Punkt und  $M$  das Auge ist,) so würden sich umgekehrt die Ablenkungsscheitel vom Auge entfernen. Liegen endlich Punkt und Auge in gleicher Höhe, (wie  $M$  und  $o$  in Fig. 3.) so fallen die Ablenkungsscheitel in einer Verticallinie unter einander. — Hieraus folgt, daß der leuchtende Punkt  $M$  in allen



drey Fällen, nach einer Richtung senkrecht auf die erwärmte Fläche, *verlängert* erscheinen müsse, und zwar dem Winkel *NOS* entsprechend, unter welchem die Gränzstrahlen unter denen, die von einem Punkte ins Auge kommen, in dieses gelangen. Um sich hiervon durch Erfahrung zu überzeugen, braucht man nur einen etwa 12 Zoll langen vierkantigen Metallstab zu erwärmen, und längs desselben hinzusehn; man wird wahrnehmen, daß die Punkte eines über oder in dem erwärmten Luftraum angesehenen Objects, senkrecht nach der erwärmten Fläche hin ausgedehnt scheinen.

7) Nur wenn sich das Auge ziemlich tief innerhalb des verdünnten Luftraums befindet, kann das Strahlenbild auf grossen Ebenen sehr hoch über dem Horizonte des Auges zu stehen kommen, und mit dem Himmel, der sich darin sehr deutlich spiegelt, vermischt werden. Ich sah diese so weit ausgedehnte Erscheinung nie nach den mittlern Nachmittagsstunden, sondern meist früh in ganz heitern Tagen, oder um Mittag, nachdem vorher die Sonne einen Nebel niedergeschlagen und sich der Erdoberfläche bemächtigt hatte, wie das im Frühjahr und Herbst zu geschehen pflegt. Wahrscheinlich war denn der Temperaturunterschied zwischen Erdboden und Luft grösser, als nachher, wenn die Luft durch längern Sonnenschein schon mehr erwärmt, und dadurch ein nach oben sich überall verdünnendes, wenigstens nicht so stark verdichtendes Medium, als es dieses Phänomen erfordert, entstanden war.



Selbst die wiederholte Beobachtung, daß sich bey meinen Versuchen mit einer erwärmten Eisenstange, das Bild durch einen sanften Luftzug vergrößerte, scheint diese Meynung zu bestätigen. Denn der Luftzug kann wohl hierbey nicht anders, als durch das Hinzuführen einer kältern und eben dadurch dichtern Luftmasse über die erwärmte Fläche wirken, wodurch das ablenkende Medium vergrößert und verstärkt wird. — Ueberhaupt bemerkte ich, daß es bey dieser ungewöhnlichen Strahlenbrechung meistens nur auf den Temperaturunterschied einer Fläche und der atmosphärischen Luft ankömmt. Denn ich habe sie an der Mauer, an welcher sich ein benachbartes Haus spiegelte (S. 380) auch zu einer Zeit gesehen, wo die Sonne den ganzen Tag über nicht geschienen hatte, und das reaum. Thermometer auf  $-2\frac{1}{2}^{\circ}$  stand. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß man sie über Erd- und Wasserflächen auch des Nachts wahrnehmen könne.

8) Obgleich bey meinen Versuchen, wo ich, so zu sagen, die Natur, dieses Schauspiel nach meinem Belieben aufzuführen, zwang, dickere oder dünnere Luft, Dünste und Electricität keinen Einfluss auf das Phänomen zu haben schienen, so möchte ich doch einen solchen Einfluss bey Erd- und Wasserflächen ihnen nicht absprechen. Denn hier, wo die Strahlenbrechung im Großen wirkt, giebt eine geringe Ursach schon einen merkbaren

**Ausschlag.** Wenigstens scheint es, daß dickere Luft und Dünste, die der Luft ein andres Verhältniß in ihren Bestandtheilen geben, (welches bey Verflüchtigung des Morgenthau's statt fände,) einen größern Unterschied der Wärme zwischen den Erdoberflächen und der Luft veranlassen können.

9) Uebrigens möchte ich nicht verbürgen, daß nicht in der Natur durch die Temperaturverschiedenheit in der Luft, durch die Unebenheiten des Landes, und selbst durch die Verschiedenartigkeit der Luft, die Strahlen einen mehr oder weniger geschlängelten Gang annehmen, aus der Verticalfläche herausgebogen, und so gebrochen werden könnten, daß das Verhältniß zwischen den Sinussen der Eintritts- und Austrittswinkel sehr veränderlich sey.

---

## II.

## BEOBACHTUNGEN

über die

*Brechung der Lichtstrahlen, die nahe  
über der Erdofläche hinfahren,*

VON

REINHARD WOLTMANN,

Baudirektor im hamburg. Amte Ritzbüttel\*).

Was Herr Abbé Gruber im Kleinen, beym  
Hinstreichen der Lichtstrahlen über erwärmte

- \*) Ausgezogen aus zwey interessanten Abhandlungen des H. Woltmann: einer noch ungedruckten, unter obigem Titel, wovon in den *Göttinger gelehrten Anzeigen* J. 1796. St. 82 Nachricht gegeben wird; und aus *Woltmanns Bemerkungen über ein (scheinbar) katoptrisches Phänomen, welches an den Gegenständen nahe am Horizont nicht selten sichtbar ist*, gedruckt in den *Neuen Abhandl. der kön. böhmischen Gesellsch. d. Wiss.* B. 3. Prag 1798. S. 67 — 97. 4. Diese Bemerkungen waren dem H. Abbé Gruber in Prag vom H. Woltmann theilweise zugeschiedt worden, und machen auch die Substanz des der Göttinger Societät übersandten Aufsatzes aus. H. Abbé Grubers *Theorie des katoptrischen Phänomens, von Senkung und Hebung der Objecte am Horizonte*, in den *Neuen böhm. Abhandl.* B. 3. S. 98 — 107, enthält Bemerkungen und Zusätze zum Wolt-

Stein - und Erdf lächen beobachtet hatte, suchte Herr *Woltmann* auch durch Erfahrungen im Großen an erwärmten Wasser - und Erdf lächen zu bestätigen. Die Beobachtungen, die er zu dem Ende anstellte, sind die zusammenhängendsten und schärfsten, die wir bis jetzt über die irdische Strahlenbrechung besitzen, und ganz dazu geeignet, uns über diese schwierige Materie ins Klare zu bringen, wenn sie mit Abänderungen und Erweiterungen an dazu schicklichen Orten wiederholt würden.

Herr *Woltmann* wohnt zu *Cuxhaven* im hamburgschen Amte *Ritzebüttel*, wo, wie wir schon aus dem Aufsatze des H. Prof. *Büsch's* (Ann. d. Ph. II. 297.) wissen, die *Kimmung*, oder wie *Woltmann* sie nennt, die *Spiegelung*, ein sehr gewöhnliches Phänomen ist. Er giebt von ihr folgende Beschreibung und Merkmale, die wir nicht übergehn dürfen.

### *Beschreibung des Phänomens.*

1) Entlegne Gegenstände, Häuser, Bäume etc. nahe am Horizonte, scheinen bey diesem Phänomene durch einen hellen *Luftstreif* oder einen glänzenden leeren Raum von der Erdf läche getrennt zu seyn; man glaubt sie in der Luft schwebend zu

mannschen Aufsatze, woraus ich hier theils in Form von Anmerkungen, theils im nächstfolgenden Aufsatze das Wesentliche beygefügt habe.  
d. H.

sehn, oder wenn das Auge ansehnlich erhaben ist, ein stilles *glänzendes Meer*, über der ganzen Landschaft, worin die Gegenstände stehn und sich *spiegeln*, wahrzunehmen. Durch ein Fernrohr sieht man denn die entfernten Gegenstände sehr deutlich, gerade so mit einem umgekehrten Bilde darunter, wie sie sich in der Nähe darstellen, wenn zwischen ihnen und dem Auge ein ebner Wasserspiegel ist. Das verkehrte Bild und das Object sind an Farbe und Helligkeit gleich, und hängen unmittelbar zusammen, so daß man sie mit bloßen Augen für einen Gegenstand zu halten geneigt ist. Diese Erscheinung zeigt sich auch an Schiffen, auf ziemlich unruhigem Wasser, welches denn blau und dunkel erscheint, und sich sehr auffallend von dem hellen Streifen unterscheidet, in welchem sich das Schiff spiegelt. Man sieht sie eben so gut nach einem Regen, als gleich vor demselben, und selbst im Regen verschwindet sie nicht eher, als bis die Undurchsichtigkeit der Luft die Aussicht in die Ferne verhindert. Ueberhaupt ist die Erscheinung (wenigstens um Cuxhaven) weit häufiger, als man sie mit bloßen Augen gewahr wird, indem an dunkeln Tagen der Luftstreifen, welcher die Gegenstände von der Erde zu trennen scheint, nicht so als an hellen Tagen ins Auge fällt.

2) Der helle Luftstreifen ist vor Gegenständen desto breiter, je entlegner sie sind, je weniger sie mit hin über dem Horizonte hervorragen; dagegen desto schmaler, je näher der Gegenstand kömmt, oder

je höher sich das Auge erhebt. Grade so sieht man, je nachdem der Gegenstand näher liegt, oder weiter entfernt ist, nur den untern, oder auch den mittlern und höchsten Theil desselben sich abspiegeln. Thürme und Mühlen müssen mehrere Meilen weit entfernt, oder das Auge sehr niedrig seyn, wenn sie sich ganz abspiegeln sollen. Daraus folgt, daß nur die Strahlen, welche unter sehr kleinen Winkeln auf die spiegelnde Fläche fallen, durch die scheinbare Reflexion vom Objecte in das Auge kommen.

3) Rückt bey unveränderter Lage des Auges der Gegenstand näher, so nimmt zuerst der Luftstreif an Breite ab, bis er ganz verschwindet; dann fängt auch das verkehrte Bild an abzunehmen, und zwar verliert sich der untere Theil desselben, der dem obersten Theile des Gegenstandes entspricht, zuerst. Grade das ist der Fall, wenn bey unveränderter Lage des Objects das Auge sich mehr und mehr erhebt. Offenbar kann also der helle Luftstreifen selbst kein Gegenstand, wie z. B. glänzender Nebel seyn, sondern ist ein Bild eines sich spiegelnden hellen Objects, nemlich eines nur wenige Minuten über den Horizont erhobnen Streifs der Atmosphäre. Er ist nicht Luft, sondern nur ein *Luftbild*, das der Luft selbst an Glanz und Ansehn vollkommen gleicht, und durch die Strahlen bewirkt wird, welche von der Luft, die wir dicht über dem Horizonte sehn, eben so

wie von den Gegenständen am Horizonte zurückgeworfen und scheinbar reflectirt wird.

4) Da der lichte Streif nichts anders als das Bild des Luftstreifs dicht über dem Horizonte ist, und die obersten Punkte im Bilde zu unterst scheinen; so muß dieser Streif etwas von der sonst sichtbaren Erdoberfläche bedecken, und, da wir ihn für Luft halten, den scheinbaren Horizont vertiefen, mithin die Elevationswinkel erhöhen. Es sey nemlich  $AB$  (Fig. 5. Taf. VI.) ein Theil der Erdoberfläche,  $CD$  ein ihr concentrischer Bogen in der Atmosphäre,  $E$  der Ort des Auges, und  $ED$  die Gesichtslinie, welche die Erdoberfläche in  $F$  berührt, mithin  $F$  die Gränze des Gesichtskreises und  $AF$  der sichtbare Theil der Erdoberfläche. Ferner sey  $G$  der höchste Punkt im Bogen  $CD$ , von welchem Licht durch scheinbare Reflexion auf dem Wege  $GLE$  ins Auge  $E$  kommt; so muß der scheinbare Einfall- und Reflexionspunkt  $L$  zwischen  $A$  und  $F$  liegen, da von Punkten über  $F$  hinaus nach  $B$  zu, kein Strahl in grader Linie nach  $E$  gelangen kann. Folglich muß auch  $EL$  unter  $EF$  liegen, und das Auge erhält den Strahl  $GLE$  so, als käme er von einem unter  $D$  liegenden Punkte  $K$  der Atmosphäre im verlängerten Strahle  $EL$  her. Grade so werden die Strahlen, die aus andern Punkten des Bogens  $GD$  kommen, zwischen  $L$  und  $F$  so zurückgeworfen, als kämen sie von dem niedrigeren Bogen der Atmosphäre  $DK$  her. Von der sonst sichtbaren Erdoberfläche  $AF$  wird nun der Theil  $LF$



zum Spiegel; man sieht ihn selbst nicht, und hält ihn für Atmosphäre, deren Licht er ins Auge sendet. Dadurch wird der Gesichtskreis um den Theil  $LF$  kleiner, der Horizont um den Winkel  $DEK$  tiefer, und um eben so viel jeder Elevationswinkel  $MED$  vergrößert.

Nennen wir der Kürze halber  $ED$  die Tangente des Horizonts,  $EG$  die Gränze der Reflexion,  $GED$  die grösste Höhe derselben,  $AL$  den reflectiven, und  $AF$  den natürlichen Gesichtskreis; so folgt hieraus, daß alle *Gegenstände*, die sich abspiegeln, außerhalb des reflectiven Gesichtskreises liegen, und nicht über die Reflexionsgränze erhaben seyn, liegen sie aber auch außerhalb des natürlichen Gesichtskreises, über die Tangente des Horizonts hervorragen müssen. Dieses sey mit dem Objecte  $b\beta$  in Fig. 6. der Fall; so wird der Theil  $ab$  desselben, der über den natürlichen Horizont hervorsteht, sich unterwärts verkehrt (wie  $a\beta$ ) abspiegeln, und einen hellen Streif  $\beta\gamma$  (das Bild der Atmosphäre zwischen der Spitze des Objects und der Reflexionsgränze) unter sich haben.

Reichte das Object bis an die Reflexionsgränze hinauf, so würde kein heller Streif darunter sichtbar seyn, und ein Object, das über die Reflexionsgränze erhaben ist, wie in Fig. 7., spiegelt sich selbst nicht ganz ab, sondern nur der untere Theil  $ab$  desselben im Bilde  $a\beta$ . So sieht man hohe Kirchthürme sich selten ganz abspiegeln.



5) Wenn die Spiegung auf einer ebenen Fläche geschähe, so müßten die scheinbaren Größen des Objects und Bildes einander sehr nahe gleich oder  $GED = DEK$  seyn. Denn ein ebener Spiegel stellt das Bild eines Gegenstands in derselben GröÙe und Entfernung vom Spiegel, den der Gegenstand selbst hat, dar; beide werden mithin einem Auge, welches nahe über dem Spiegel ist, in beynahe gleicher Entfernung und GröÙe erscheinen. Eben so müßte, wenn die Spiegung auf einer Kugelfläche, es sey auf der Erdoberfläche oder einer damit concentrischen Fläche, vorginge, die GröÙe des Bildes, der GröÙe des Gegenstandes, so weit sich dieser abspiegelt, katoptrischen Gründen gemäß, ohne merkbaren Unterschied gleich seyn. — Bey unserm Phänomen sind dagegen die Bilder allemal *beträchtlich kleiner*, als ihre Objecte. An Häusern und Bäumen, wo Objecte und Bilder gleichsam in eins zusammenhängen, ist dieses nicht so deutlich als an Schiffen wahrzunehmen, wo man bey der Verschiedenheit der Segel und ihrer Zwischenräume, Object und Bild deutlich unterscheiden kann. Hiernach habe ich geschätzt, daß das Bild zuweilen weniger, zuweilen mehr, meistens aber die halbe GröÙe des Objects habe. Die 8te Figur stellt ein Beyspiel dar, wie ich ein Schiff, so weit es über dem Horizonte hervorragte, mit dem verkehrten Bilde sah \*). Die Ursach, war-

\*) Das scheint zwar den Bemerkungen des Abbé Gruber S. 394. (6) nicht gemäß zu seyn, stimmt aber

um die reflectirten Bilder beynahe um die Hälfte kleiner als ihr Object erscheinen, kann folglich nicht von der Gestalt der spiegelnden Fläche abgeleitet werden. Vielmehr liegt sie, wie wir gleich sehen werden, darin, daß hierbey keine wahre Spieg lung, sondern eine Strahlenbrechung vorgeht, welche die Strahlen des Bildes desto mehr, je tiefer die Punkte liegen, von denen sie herzukommen scheinen, erhebt.

6) Hier ein bestimmtes *Beyspiel eines Phänomens*, und eine ungefähre Schätzung der Entfernungen und Winkel, auf die es dabey ankömmt. Aus meiner Wohnung zu *Cuxhaven*, (welche auf dem kleinen Grundrisse Taf. VII. Fig. 1. bey A vorgestellt ist), sehe ich über eine Krümmung der Elbe fort, ein Haus B, welches dicht am Ufer auf *Hochland* steht, so daß die Gesichtslinie AB, die nach einer genau aufgenommenen Karte 2,465 geogr. Meilen oder 9337 Toisen, und mithin  $9^{\circ},86$  eines größten Kreises beträgt, fast ganz über eine Wasserfläche hingeht. Das Auge ist über die Höhe des vollen Meeres oder der höchsten Stromfläche 3 Toisen erhaben, bey welcher Höhe ich die Weite des natürlichen Gesichtskreises auf

mit *Huddarts* Beobachtung A. d. Ph. II. 262. völlig überein. *Huddart* schätzt die Größe des umgekehrten Bildes auf  $\frac{2}{3}$ , zu andern Zeiten auf gleiche Größe mit dem Gegenstande, und erklärt diese Verschiedenheit S. 261. aus seiner Theorie.  
d. H.

4400 Toisen rechne. Der First des Hauses zu Hochland ist ungefähr  $7\frac{1}{2}$  Toisen über der Stromfläche erhaben. Von diesen sind nur 4 Toisen sichtbar;  $3\frac{1}{2}$  Toisen (und grade so viel beträgt die Höhe oder der Wahrt, worauf das Haus steht,) sind unter der Tangente des Horizonts. Die Gränze zwischen dem Hause und dessen Bilde kann ich nicht deutlich unterscheiden, aber der helle Luftstreif (das Luftbild unter dem Bilde des Hauses) unterscheidet sich von beiden deutlich. Die Breite desselben scheint mir, wenn das Phänomen vollkommen ist, nach *Schätzung*, etwas über die Hälfte und nicht völlig  $\frac{2}{3}$  des Hauses und seines Bildes zu betragen, wie das in Fig. 2. Taf. VII. dargestellt ist,\*).

\*) Nimmt man daher (nach 5.) das verkehrte Bild für halb so lang an, als das Object, so sind das Haus  $ab$  und dessen Bild  $a\beta$  zusammengenommen 6 Toisen lang, mithin der helle Streif  $\beta\gamma$ , der obigen Schätzung gemäß, etwa  $3\frac{1}{2}$  Toisen, und also das Object  $bc$ , dessen Bild er ist, ungefähr 7 Toisen. Demnach wäre  $\tan GED. = \frac{ac}{aE} = \frac{1\frac{1}{2}}{3\frac{1}{2}} = 0,001173$ , also der Winkel  $GED = 4' 2''$ , als die größte Höhe der Reflexion, und daher die größte scheinbare Länge, zu der ein verkehrtes Bild kommen kann, also der Winkel  $DE\gamma = 2' 1''$ . In so fern man  $AF$  als gerade Linie ansieht, ist  $\tan EFA = \frac{3}{2200}$ , also der Winkel  $EFA = 2' 10''$ . Die beiden Winkel  $FEL$  und  $EFL$  sind in diesem Fall beynahe gleich, mithin auch die Linie  $EL$ ,  $LF$ ; beide

7) So erscheint das Haus bey voller Fluth. Bey *veränderter Meereshöhe* verändert sich indess auch dieses Phänomen auf eine bemerkenswerthe Art. Bey *abnehmendem Meere* wird das *Luftbild* unter dem Hause immer kleiner, dafür das Haus und dessen Bild immer gröfser, so dafs bey völlig niedrigem Meere (wo die Meeresfläche ungefähr  $1\frac{1}{2}$  Toisen niedriger steht, und die Höhe, worauf das Haus steht, sichtbar wird) der helle Streifen fast ganz verschwindet, und unter dem Firft im verkehrten Bilde des Hauses nur kaum noch eine helle Linie sichtbar bleibt. Die Erniedrigung der Meeresfläche hat also dieselbe Wir-

betragen folglich etwa die Hälfte von *EF* oder 2200 Toisen, und der effective Gesichtskreis ist etwa nur die Hälfte des natürlichen, welches indess bey andern Höhen des Auges anders ist.

Zieht man durch *L* eine Tangente *TLU*, so ergibt sich der *größte Einfallswinkel* *cLU*, gleich dem *größten Reflexionswinkel* *TLE* folgendermaßen: Bey einer Entfernung *AL* von 2200 Toisen, weicht die Tangente von der Erdoberfläche um  $AT = \frac{1}{4}$  Toisen ab. Also ist  $ET = 3 - \frac{1}{4}$ , d. i.  $\equiv 2\frac{3}{4}$  Toisen und an  $tg\,ELT = \frac{2\frac{3}{4}}{2200}$ , folglich der Winkel  $ELT = 3' 30''$ . Und dieses wäre dann nach einer ungefähren Schätzung der *größte Einfallswinkel*, bey welchem das Licht noch scheinbar über der Erdoberfläche reflectirt wird. Zu genauern Bestimmungen wären genauere Beobachtungen mit einem Mikrometer nöthig.

Wolffm.

kung, als die Erhöhung des Auges oder des Object. Woraus folgt, daß die Spiegelung nicht auf einer Luftschicht von bestimmter Höhe und Dichtigkeit, sondern in einem Raume vorgeht, der mit der Wasseroberfläche fällt und steigt, und unter einerley Umständen, z. B. an demselben Tage, einerley Entfernung von derselben behält. Denn diese Veränderung ist von der Erscheinung an demselben Tage und unter gleichen Umständen zu verstehn. Zu verschiednen Zeiten ist das Phänomen sehr verschieden, und ich habe auch bey niedrigem Meere das Haus mit seinem Bilde und eben so breiten Luftstreifen, als zu andern Zeiten bey vollem Meere, gesehn. Alsdann ist aber der Wart oder die Höhe, worauf das Haus steht, nicht sichtbar, der sonst bey niedrigem Wasser immer sichtbar ist. Dieser Fall tritt zwar selten ein, doch muß dann der Luftraum 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Toisen hoch über dem Wasser, wenn die Gesichtslinie weit darin fortgeht, *undurchsichtig seyn* \*). Aus ähnlichen Beyspielen an Schiffen und Schiffstonnen schliesse ich, daß die Undurchsichtigkeit meistens nur ein paar Fufs über dem Wasser reicht; alles, was höher ist, ist sichtbar, zittert aber sehr lebhaft, und wenn es weit genug entlegen ist, spiegelt es sich.

8) Mehrentheils gesellt sich zu unserm Phänomene noch die sonderbare Erscheinung, daß

\*) Warum, erklärt sich aus der Bemerkung Ann. d. Ph. III. 266. d. H.

alle Objecte eine *zitternde Bewegung* annehmen. Diese *Zitterung* ist zuweilen, besonders an hellen und warmen Tagen, wenn die Oberflächen der Körper sehr erhitzt sind, so lebhaft, zumal an den Rändern der Objecte, z. B. am First und an den Ecken der Häuser, und auf dem Gipfel der Deiche und Berge, daß diese Gegenstände gleichsam in einer wellenförmigen Bewegung zu seyn scheinen. Vermuthlich wird diese Zitterung durch unregelmäßige Brechung oder Ablenkung der Strahlen, die von den erwärmten Objecten, oder nahe an ihren Rändern vorbey zu unserm Auge kommen, bewirkt. Ein Kohlenbecken, über das man wegsieht, macht die Gegenstände auf eine ähnliche Art zittern, und zwar desto mehr, je entfernter die Gegenstände sind. An den erwärmten Objecten entwickeln sich vielleicht Dämpfe oder Dünste, welche bey gleichem Wärmegrad die Luft noch mehr ausdehnen, und bey ihrem wellenförmigen Aufsteigen oder Hin- und Herschweben die unregelmäßige Strahlenbrechung veranlassen. Eine durch Wind hervorgebrachte Bewegung würden nicht so gleichförmig, und allenthalben lebend seyn \*).

Eben diese Dünste in aufgelöstem, durchlichtigem Zustande *vergrößern zuweilen die horizontale Refraction* so, daß die Meeresfläche, die entlegnen Ufer, Küsten und Sandbänke, eine ganz ungewöhnliche Gestalt annehmen. Die Meeresfläche

\*) Vergl. Ann. d. Ph. III. 389. auch Wolkm. Erklärung weiter unten. a. II.

fläche wird concav gekrümmt \*), die nähern Schiffe erniedrigen sich, oder vielmehr, der entlegne Horizont scheint über ihnen fast hervor, entfernte niedrige Ufer erscheinen wie hohe Küsten, und hohe 7 bis 8 Meilen entlegne Küsten, die weit unterm Horizont sind, treten wie Gewölke über demselben hervor, so wie ganze Landschaften, die man sonst wegen der vorliegenden Sandhügel nicht sehn kann, über dieselben hervor erscheinen. *Die Fälle einer so starken Refraction, auf welche nicht selten ein Gewitter, oder statt dessen viel Regen oder stürmische Witterung erfolgt, (worin bey uns die Gewitter sich auflösen,) sind jedoch nicht so häufig, als das Phänomen der Spiegelung \*\*).*

\* \* \*

Nimmt man alles dieses zusammen, so läßt sich leicht absehn, daß die hier beschriebne Spiege-

\*) *Dalby's* Beobachtung, Ann. d. Ph. III. 276. Anm. unter einer andern Form. Vergl. Ann. d. Ph. III. 390. d. H.

\*\*) Dieses ist, wie man sieht, das Phänomen, welches *Ellicot* im vorigen Stück der Annalen beschrieben hat, und worüber man im nächsten Hefte einige interessante Beobachtungen *Vince's*, und *Latham's* finden wird. Wir werden weiter unten sehn, wie H. Woltmann es mehrentheils mit einer der bisher beschriebnen entgegengesetzten Spiegelung oberwärts verbunden fand; und das war auch mit *Ellicot* und *Vince*, nicht aber mit *Latham* der Fall. d. H.



lung nur scheinbar ein katoptrisches Phänomen ist, und daß es in der That auf keiner Zurückwerfung der Strahlen nach den Gesetzen der Katoptrik, sondern lediglich auf einer Brechung derselben beruht. Weder die Erde, noch das vom Winde bewegte Wasser können als Spiegel dienen; auch ist die Spiegelung viel zu ungleich, als daß sie sich aus einer festen unveränderlichen Spiegelfläche erklären liesse. Eben so wenig wirkt eine Luftschicht die Strahlen gleich einem Spiegel zurück. Diese gehen vielmehr durch die Luftschichten durch, und werden von ihnen nur gebrochen; und dabey läßt sich denn recht wohl eine Veränderlichkeit im Brechungsverhältniß denken, welche allein schon der großen Veränderlichkeit des Phänomens zur Erklärung dienen möchte. Auch ist das Phänomen von der Höhe oder Niedrigkeit der Meeresfläche abhängig, bleibt also nicht unverändert in einerley Höhe und Luftschicht, wie das wohl bey einer katoptrischen Spiegelung der Fall seyn müßte. Um nun zu untersuchen, wie die Spiegelung von der Strahlenbrechung abhängt, habe ich folgende Reihe von Beobachtungen unternommen.

*Beobachtungen und dazu eingerichteter  
Apparat.*

Aus dem Grundriß Taf. VII. Fig. 1. übersieht man ungefähr, wie sich die Gesichtslinie von meinem Hause in Cuxhaven nach dem Hause auf Hochsand quer über unsern Hafen *H* erstreckt.



Dieser ist zu beiden Seiten mit Deichen eingefasst, auf die ich den 15ten December 1794. grade in jener Gesichtslinie zwey Pfähle einschlagen liefs; den westlichen vor meiner Thüre, und den östlichen jenseit des Hafens, so dafs sie zur Bequemlichkeit der Beobachtung beyläufig  $3\frac{1}{2}$  Fufs über den Deich hervorstanden, und dafs die Köpfe beider Pfähle mit dem First des Hauses auf Hochsand in einer graden Linie zu liegen schienen, wie es die 3te Figur darstellt. Ich legte nemlich die Achse eines dreyfüfsigen achromatischen Fernrohrs, mit welchem alle folgende Beobachtungen angestellt wurden, mit dem Kopf des westlichen Pfahls in gleicher Höhe, und liefs den östlichen Pfahl so weit hineintreiben, dafs der Kopf desselben mit dem First des Hauses in grader Linie war. Das Haus spiegelte sich, als dieses geschah, nach unten.

Darauf wurde täglich dreymal, Morgens, Mittags und Abends, beobachtet, und jedesmal auf einem am westlichen Pfahle vertical angebrachten Maafsstabe nachgesehn, um wie viel Zoll das Fernrohr über die Kopffläche dieses Pfahls erhöht oder erniedrigt werden mußte, damit der First des Hauses auf Hochsand und die Kopffläche des östlichen Pfahls, beide in der Axe des Fernrohrs sich deckend erschienen. Mußte das Fernrohr erhöht werden, so fand *Depression*; mußte es erniedrigt werden, *Erhebung* des Hauses auf Hochsand statt. Jene fand nur einigemal statt, und wurde dann im

Journal mit — bezeichnet. Diese war viel häufiger; oft ragte ein Theil des Hauses, zuweilen das ganze Haus über dem Kopf des östlichen Pfahls hervor, und man erniedrigte denn das Fernrohr bey dem westlichen Pfahl um so viel Zoll, als nöthig war, um den First des Hauses mit dem östlichen Pfahle zu gleicher Höhe zu bringen. Die Erscheinung des Firsts, wie sie am 15ten December zu Mittage war, gab o \*).

An welchen Tagen überhaupt *Spiegelung* gewesen ist, oder nicht, beobachtete und notirte ich schon seit dem ersten September 1794. Aus diesen Notaten ergibt sich, daß das Phänomen statt hatte

- im September an 19 Tagen
- October an 16 Tagen
- November an 8 Tagen
- December an 11 Tagen
- Januar 1795 an 10 Tagen.

Unter den übrigen Tagen sind jedoch manche mit zweifelhafter Spieglung, wenn Nebel, Dünste, Regen oder Schnee den ganzen Tag hindurch die entlegenen Gegenstände umhüllten. Wenn dieses der Fall war, wurde es im Journale bemerkt; doch zu-

\*) Wir werden bald sehn, daß dieser Mittelpunkt nicht mit der natürlichen Gränze zwischen Erhebung und Depression übereinstimmte, sondern etwas zu hoch lag, und schon eine Depression zeigte.

weilen, wenn das Haus auf Hochsand wegen der größern Entfernung und vielen Dünsten nicht zu erkennen war, nahm man an Gegenständen im Lande Hadlen eine deutliche Spiegung wahr.

Der helle *Lichtstreif* unter den Bildern war im Januar selten recht merklich; dagegen sah man ihn vom 15ten bis 21sten December täglich ganz stark, und er zitterte am untern Rande, wie es mitten im Sommer zu geschehn pflegt, nemlich in anscheinend fortlaufenden Wellen. Dieses *Zittern* bey dem Frostwetter fiel mir sehr auf, und ich halte seitdem dafür, daß diese *Wellen* keine Dämpfe sind, wie ich zuvor glaubte, sondern nichts anders als plötzlich abwechselnde Aenderungen in der Reflexionsgränze. Denn da sie sich in dem untern Theil des hellen Streifs oder Luftbildes finden, so gehören sie zum obern Theil des sich spiegelnden Theils der Atmosphäre, und es ist wahrscheinlich, daß es keine so bestimmte Gränze dieses Theils giebt. Damit möchte ich jedoch nicht behaupten, daß es mit der Zitterung aller übrigen Objecte, die man zuweilen im Sommer sieht, auf eben diese Weise zugehe.

Unter *heiterer Luft* hat man Sonnenschein ohne Gewölk zu verstehn; doch waren dann meist so viel Dünste nahe am Horizonte, daß die Luft in größern Entfernungen undurchsichtig war, in-  
deß man bey bedeckter Luft die entlegnen Gegenstände nicht selten viel besser sah. Seit dem 14ten

Januar waren die Erde und die Eisfläche des Stroms mit etwas Schnee bedeckt, und seitdem zeigte sich wenig, zuweilen gar nichts, von dem hellen Lichtstreif unter den Bildern, obgleich die verkehrten Bilder der dunkeln Objecte an ihrer Gestalt deutlich zu erkennen waren, und daher als Spiegelung in dem Journal notirt sind.

Folgende Tafel enthält die Beobachtungen über die Spiegelung und Hebung entlegner Gegenstände, mit der gleichzeitigen Witterung während des Decembers 1794. und Januars 1795., um die *Mittagszeit* beobachtet.

1794 Dec.	Baro- meter.	Thermo- meter.	W i n d		Witte- rung.	Spiege- lung.	Hebung des Hauſes auf Hochſand.
	engl. Zoll.	Fahr. Grad.	Gleichzeit.	Richtung.			Zoll.
15	30,32	25	8	SSO	bedeckt	Spiegl.	o
16	30,48	24	8	SSO	gewölkt	Spiegl.	o
17	30,50	27	17	S	heiter	Spiegl.	o
18	30,33	27	16	SSO	heiter	Spiegl.	o
19	30,25	28	15	SSO	heiter	Spiegl.	o
20	30,34	25	29	OSO	heiter	Spiegl.	o
21	30,34	32	32	O	bedeckt	Spiegl.	o
22	30,23	25	38	OSO	bedeckt	zwei- felh.	Dünſte; unſichtbar.
23	30,20	23	42	OSO	heiter	Spiegl.	o
24	30,13	21	41	O	heiter	etwas	Dünſte; unſichtbar.
25	29,68	20	39	O	Schnee	zwei- felh.	Schneegeſt. unſichtbar.
26	29,60	30	19	O	bedeckt	keine	+ 2½
27	29,93	34	31	ONO	bedeckt	keine	+ 4½
28	20,21	32			bedeckt	keine	+ 3
29	30,03	37	26	NW	Neb.	keine	+ 4½
					Reg.		+ 5½*)
30	29,96	33	18	NW	gewölkt	keine	+ 5½*)
31	30,03	21	o	O	heiter	keine	+ 6*)
1795 Jan.							
1	30,20	20			Nebel, Reif	zwei- felh.	Nebel un- ſichtbar.
2	30,24	23	22	SW	bedeckt	Spiegl.	Dünſte unſ.
3	30,92	27	16	WSW	bedeckt	zweiſ.	Dünſte unſ.

\*) Das ganze Haus war über dem öſtlichen Pfahl er-  
haben.

1895	Baro. meter.	Thermo. meter.	W i n d	Witte- rung	Spiege- lung.	Hebung des Hauses auf Hochland.
Jan.	engl. Zoll	Fahr. Grade	Geschwin- digkeit.	Richtung.		Zoll.
4	30,47	27	21	SW	gewölkt	Spiegl. — $\frac{1}{4}$
5	30,08	30	42	WSW	N. Reg.	zweif. unsichtbar.
6	30,09	39	36	WNW	N. Reg.	zweif. unsichtbar.
7	30,37	37	7	W	heiter	keine + $14\frac{1}{2}$ *)
8	30,15	32	16	W	Nebel	unsichtbar.
9	29,90	34	24	NNW	etw. bed.	keine + $4\frac{1}{2}$
10	30,23	32	21	NNW	Reg.	keine + $4\frac{1}{2}$
					gewölkt	
11	30,14	33	28	NNW	gewölkt	keine + 4
12	30,20	29	15	NNO	gewölkt	keine + $3\frac{1}{2}$
13	30,46	27	9	NNO	gewölkt	Spiegl. 0
14	30,36	27	24	ONO	Schnee- gestöb.	Spiegl. 0
15	30,34	15	22	ONO	gewölkt	Spiegl. undeutlich.
16	30,13	23	48	O	bedeckt	zweif. Schnee unl.
17	29,99	25	21	OSO	bedeckt	zweif. + 1
18	29,82	26	17	O	gewölkt	zweif. Dünste unl.
19	29,91	21	24	O	bedeckt	zweif. unsichtbar.
20	30,01	17	27	O	gewölkt	Spiegl. — 4
21	30,14	13	26	O	heiter	Spiegl. Dünste unl.
22	30,07	8	19	OSO	heiter	Spiegl. unsichtbar.
23	29,82	12	20	O	gewölkt	Spiegl. unsichtbar.
24	29,96	20	6	N	bedeckt	Spiegl. — $\frac{1}{2}$
25	30,14	20	21	WSW	bedeckt	zweif. unsichtbar.
26	30,12	22	26	SSO	gewölkt	Spiegl. — 1
27	29,36	39			Neb. Reg.	zweif. unsichtbar.
28	29,34	33	24	NO	Schn. N.	zweif. Sch. N. unl.
29	29,92	27	28	N	heiter	Spiegl. 0
30	30,09	31	18	NNW	heiter	keine + $3\frac{1}{2}$
31	30,03	30			Schnee	zweif. Schnee unl.

\*) Das ganze Haus ragt über den östlichen Pfahl hervor.

Aus dieser Tabelle erhellt beym ersten Anblick, daß bey *verstärkter Refraction* oder *Hebung* des Hauses *niemals Spiegelung* gewesen ist, und daß umgekehrt bey der Spiegelung das Haus stets weniger erhaben war, folglich dabey eine *relative Depressio* der Objecte statt hat. Ob aber bey der Spiegelung eine *absolute Depressio*, oder vielleicht noch Erhebung, oder keines von beiden statt finde, d. h., ob die Strahlen, durch welche die Kopffläche beider Pfähle und der First des Hauses in grader Linie gesehn werden, nach oben oder nach unten zu convex oder grade Linien sind, das kann nur durch Rechnung ausgemacht werden, zu der wir aber genauerer Maasse, als der vorhin angegebenen, bedürfen.

Nach der Messung des Herrn Gränzinspectors *Reinke* in Hamburg, der die oben erwähnte Karte aufgenommen hat, beträgt die Entfernung des Hauses auf Hochsand vom Ritzebütteler Schloß genau 64240 hamb. Fufs; das Perpendikel von dem Hause auf den Meridian des Schlosses gezogen, 63972 hamb. Fufs; und das dadurch abgeschnittene Stück des Meridians 5867 hamb. Fufs. Aus diesen Datis ergiebt sich mit Hülfe specieller Risse die Entfernung des westlichen Pfahls vom Hochsander Hause auf 63716 hamb. Fufs. Beide Pfähle stehen nach genauer Messung 1072 hamb. Fufs weit von einander ab. Die Höhe des Hauses, von einem dahin geschickten Manne gemessen, beträgt  $39\frac{1}{2}$  hamb. Fufs, und die Höhe des Hügels,



worauf es steht, über der Meeresfläche, 21 Fufs. Diese letztere Höhe ist bis auf  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{2}$  Fufs ungewifs, daher man die Höhe des Firſtes über der Meeresfläche auf 61 hamb. Fufs rechnen kann. Der weſtliche Pfahl ragt  $15' 10\frac{1}{2}''$ , der öſtliche  $15' 1''$  über der Meeresfläche hervor. Der Durchmesser der Erde zu 6538594 Toiſen gerechnet, beträgt 44483033 hamb. Fufs, wofür ich 44483000 Fufs ſetzen werde.

Denkt man ſich nun durch den Kopf *B* des weſtlichen Pfahls *AB* (Fig. 4.) die ſcheinbare Horizontallinie *Bβ* (oder durch deſſen Fuß *Aα*) und zugleich die wahre, d. h. einen mit der Meeresfläche concentriſchen Kreisbogen *AD*; ſo läßt ſich fragen:

1) Wie viel ſenkt ſich auf 1072 Fufs und auf 65716 Fufs Entfernung die wahre Horizontallinie *AD* unter die ſcheinbare *Aα*? — Nach der bekannten Formel um  $\frac{107^2}{44483000}$  und um  $\frac{65716^2}{44483000}$ , d. i. im erſten Fall um 0,3096, im letztern um 91,265 hamb. Fufs, oder in jenem um  $\frac{3}{10}$  Zoll, in dieſem um  $91\frac{1}{4}$  Fufs.

2) Wie viel ſenkt ſich die grade Linie durch die Köpfe beider Pfähle auf die angegebenen Entfernungen? — Der Unterſchied der Höhe der beiden Pfähle über der Meeresfläche beträgt  $9\frac{1}{2}$  Zoll. Dazu  $\frac{3}{10}$  Zoll, um welche ſich die ſcheinbare Horizontallinie über die wahre auf 1072 Fufs erhebt; giebt  $9\frac{1}{4}$  Zoll, als ſo viel ſich die grade Linie



durch die Köpfe beider Pfähle unter dem scheinbaren Horizonte senkt \*). Diese Senkung ist der Entfernung proportional, beträgt folglich für 63716 Fufs,  $63716 \cdot 9\frac{1}{2} = 48\frac{1}{2}$  Fufs.

1072. 12

Da nun die scheinbare Horizontallinie über die wahre am Hause auf Hochland um  $91\frac{1}{2}$  Fufs, die grade Linie durch die Kopfflächen beider Pfähle, dort aber um  $48\frac{1}{2}$  Fufs unter der scheinbaren Horizontallinie wegging; so mußte der First des Hauses auf Hochland um 42,66 Fufs über der wahren Horizontallinie durch den Kopf des westlichen Pfahls erhaben seyn, wenn die Köpfe beider Pfähle und der First in grader Linie gelegen hätten. Der First des Hauses lag aber 61, und der Kopf des westlichen Pfahls, durch den die wahre Horizontallinie geht,  $15' 1''$  über der Meeresfläche. Also ist der First über die wahre Horizontallinie beyläufig  $45'$  erhaben, mithin ungefähr 2 Fufs höher, als es die grade Linie erfordert. Sind diese 2 Fufs nicht kleinen Irrungen im Messen und

\*) Das giebt eine Senkung der Nulllinie unter der scheinbaren Horizontallinie von  $2' 36\frac{1}{2}''$ . Will man daher die scheinbare Horizontallinie zum Mittel der Depressionen und Hebungen machen; so mußte die vorige und die folgende Tafel des Herrn Woltmanns dahin reducirt werden, daß man jede Depression um  $2' 36\frac{1}{2}''$  vermehrte, jede Hebung um eben so viel verminderte, da denn der Depressionen weit mehrere werden würden, als die Tafel zeigt. Grub.

Rechnen zuzuschreiben, so hätte, als die Pfähle eingeschlagen wurden, allerdings eine absolute *Depression* bey der Spiegelung statt gehabt, die doch meistens sehr gering, und nur am 20sten Jan., als man den Tubus 4 Zoll über den westlichen Pfahl erhöhen mußte, beträchtlich war. Denn an diesem Tage betrug die Neigung der Observationslinie unter dem scheinbaren Horizonte  $9\frac{1}{2} + 4$  d. i.  $13\frac{1}{2}$  Zoll auf eine Weite von 1072 Fufs, welches auf die ganze Länge bis zum Hause auf Hochsand etwa 19 Fufs mehr Erniedrigung, und eben so viel mehr *Depression* des Hauses giebt.

Das Haus auf Hochsand stand vom östlichen Pfahle um 63716 — 1072, d. i. um 62644 hamb. Fufs ab. Gesetzt also, der Tubus werde am westlichen Pfahl um 1 Zoll erhöht oder erniedrigt;

so beträgt das am Hause auf Hochsand 
$$\frac{62644}{1072.12}$$

= 4,8 hamb. Fufs. Hieraus läßt sich sogleich für jeden Fall die Gröfse der Erhebung oder der *Depression* übersehn, und dafs so z. B. am 7ten Januar, als der Tubus  $14\frac{1}{2}$  Zoll erniedrigt werden mußte, diese stärkste Erhebung des Hauses 69 Fufs, folglich mehr als noch einmal so viel, als die wirkliche Höhe des Hauses über der Meeresfläche, betrug.

Zu 1 Zoll oder  $\frac{1}{12}$  Fufs Erhebung oder *Depression*, wie sie der Tubus am westlichen Pfahle zeigte, gehört ein Winkel, dessen Tangente

$\frac{1112}{1072} = 0,0000777$  ist, mithin ein Winkel von 16

Secunden. Die *stärkste Hebung* in der Tafel gehört also sehr nahe zu einem Winkel von  $3' 50''$ . Nimmt man den Weg des Lichtstrahls für einen Kreisbogen, so ist die Amplitudo desselben das Doppelte dieses Winkels, also  $7' 44''$ . Die Messfläche ist auf einer Länge von 62644 hamb. Fuß in einen Kreisbogen von  $9' 40''$  gekrümmt. Folglich verhält sich der Krümmungshalbmesser der Bahn des Lichtstrahls, zum Erdhalbmesser, nahe wie  $9\frac{3}{4} : 7\frac{1}{4}$ , da bey gleicher Länge der Bogen, die Krümmungshalbmesser verkehrt proportional sind. Aus dieser so starken Krümmung der Lichtstrahlen wird es begreiflich, *wie entfernte Gegenstände, die von nähern bedeckt, oder unter dem Horizont befindlich und nach graden Linien nicht sichtbar sind, dennoch durch eine solche Hebung, die nach den Quadraten der Entfernungen zunimmt, sichtbar werden können.* Die *stärkste* unter den beobachteten Hebungen betrug  $14\frac{1}{2}$ , die *größte Senkung* 4 Zoll, folglich machen sie einen Winkel von 296 Secunden oder beynahe 5 Minuten. Auch die *astronomische Horizontalrefraction* würde daher wenigstens um eben so viel, d. i. etwa um  $\frac{1}{2}$  ihrer ganzen Gröſſe veränderlich und ungewiß seyn \*).

\*) Bey den gleich folgenden fortgesetzten Beobachtungen fand sich eine Hebung von 33, und eine Senkung von  $5\frac{1}{2}$  Zoll, mithin eine Hebung

Wie nahe endlich die grade Linie  $BG$  (Fig. 4.) durch den First des Hauses  $G$  und durch den Kopf des westlichen Pfahls  $B$  an der Meeresfläche  $ADF$  hinstreicht, giebt folgende Rechnung: Sie senkt sich auf 1072 Fufs um  $9\frac{1}{2}$  Zoll, mithin um  $2' 36\frac{1}{2}''$  unter den scheinbaren Horizont  $E\beta$  oder  $Aa$ ; so grofs mufs also auch der Erdbogen  $AD$  zwischen dem westlichen Pfahle und dem Punkte  $D$  seyn, wo eine Parallellinie mit ihr,  $MDN$ , welche die Meeresfläche berührt, diese trifft. Dieser Berührungspunct  $D$  steht mithin vom Hause um  $9' 50\frac{1}{2}'' - 2' 36\frac{1}{2}''$  d. i. um  $7' 14''$  ab, oder vom westlichen Pfahle um  $157''$ , vom Hause um  $434''$ . Sehr nahe wie diese Bogen  $AD$ ,  $DF$  verhalten sich die beiden Stücke der berührenden Linien  $MD$ ,  $DN$ , und die Stücke  $MA$ ,  $NF$  sehr nahe wie  $MD^2 : DN^2$ . Nun betrage der Abstand der beiden Parallellinien von einander  $x$  Fufs, so sind  $AB$ ,  $NG$  sehr nahe gleich  $x$ , und dieses von der Höhe des Pfahls und des Hauses abgezogen,  $AM = 15' 10\frac{1}{2}'' - x$  und  $NF = 61' - x$ . Folglich verhält sich  $15\frac{1}{2} - x : 61 - x = 157^2 : 434^2$ , woraus sich  $x$  nahe  $= 9$  Fufs ergibt; und so

von  $528''$  oder  $8' 48''$  und eine Senkung von  $88''$ , also eine Verschiedenheit von  $10' 6''$ , welche eine noch einmal so grofse Veränderlichkeit der Horizontalrefraction, als die angegebene, beweist. Eben so werden aus der unglaublichen Hebung von  $8' 48''$  die sonderbaren Beobachtungen Elliotts, Lathams, und Vince's völlig begreiflich, wie entfernte sonst unsichtbare Klippen hoch aus dem Meere ansteigen konnten. *d. H.*

weit bleibt die grade Linie zwischen dem First des Hauses und dem westlichen Pfahle von der Meeresfläche entfernt.

Die Beobachtungen, welche in der vorigen Tabelle mitgetheilt sind, hat Herr Woltmann seitdem noch 9 Monate lang, bis zu Ende Octobers 1795, ununterbrochen fortgesetzt, und folgendes sind die interessanten Resultate dieser zusammenhängenden Reihe von Beobachtungen, welche die zusammenhängendsten und schärfsten sind, die wir bis jetzt über die Strahlenbrechung irdischer Gegenstände besitzen.

1795 im	1) Anzahl der Spiegelungen		
	Morgens	Mittags	Abends
Februar	5	6	4
März	6	6	4
April	8	3	1
May	19	18	18
Juni	20	11	12
Juli	25	19	16
August	27	14	13
September	28	17	14
October	13	8	8

Man sieht aus dieser Tafel, wie oft sich das Haus auf Hochland, oder, wenn dieses nicht deutlich zu sehn war, andre Gegenstände im Lande Khedingen, *sichtlich unterwärts gespiegelt* haben; z. B. im Februar fünfmal des Morgens, sechsmal des Mittags, viermal des Abends; zu allen übrigen Zeiten fand dieses Phänomen entweder nicht statt, oder die Gegenstände waren wegen trüber Luft unsichtbar.

		2) Des Hauses auf Hochland		
1795	Anzahl d.	mittlere	größte	größte He-
im	Beobach-	Hebungod.	Depres-	bung
Februar	tungen	Depress.	sion	
		Zoll	Zoll	Zoll
Morg.	14	1,8	- 2 $\frac{1}{2}$ . V.	18
Mitt.	15	2,31	d. 28sten	d. 16ten
Ab.	13	2,6	Morg.	Nachm.
März				
Morg.	15	1,88	- 2 $\frac{1}{2}$ . V.	27*
Mitt.	21	4,43	d. 15ten	d. 25 sten
Ab.	17	6,54	Morg.	Nachm.
April				
Morg.	26	1,51	- 3. V.	26
Mitt.	25	7,11	d. 14ten	d. 22sten
Ab.	21	8,99	Morg.	Mitt.
May				
Morg.	16	1,3	- 5 $\frac{1}{2}$ . V.	32*
Mitt.	18	3,21	d. 9ten	d. 18ten
Ab.	14	2,00	Morg.	Mitt.
Juni				
Morg.	19	1,01	- 4 $\frac{1}{2}$ . V.	33
Mitt.	24	5,87	d. 21sten	d. 4ten Mitt.
Ab.	25	5,74	Mitt.	(22. A. d.)
Juli				8ten
Morg.	21	0,33	- 4. V.	Nachm.
Mitt.	18	0,78	d. 16ten	20
Ab.	24	1,44	Morg.	d. 21sten
August				Nachm.
Morg.	21	0,08	- 3 $\frac{1}{2}$ . V.	16. A.
Mitt.	24	0,8	d. 12ten	d. 27sten
Ab.	26	1,97	Mitt.	Nachm.
September				
Morg.	20	0,56	- 3. V.	26 $\frac{1}{2}$
Mitt.	25	3,28	d. 20sten	d. 8ten
Ab.	24	4,42	Morg.	Nachm.
October				
Morg.	18	0,05	- 4 $\frac{1}{2}$ . V.	18 $\frac{1}{2}$ A.
Mitt.	23	2,45	d. 24sten	d. 1sten
Ab.	17	4,41	Morg.	Nachm.

In

In diesem zweyten Theil der Tabelle findet man zuerst die *Anzahl der Beobachtungen*, aus welchen die mittlern Hebungen oder Depressionen des Hauses auf Hochsland in jedem Monat berechnet sind. Zu allen übrigen Zeiten war das Haus gar nicht, oder doch nicht deutlich genug zu sehn, daß man die Hebung desselben hätte bestimmen können.

Die *Hebungen und Depressionen* des Hauses sind durch die Menge von Zöllen bestimmt, um welche das Fernrohr am westlichen Pfahle über den Stand, den es am 15ten December 1794 hatte (S. 411), erniedrigt oder erhöht werden mußte, um den First des Hauses mit der Kopffläche des östlichen Pfahls in gleicher Höhe zu setzen. Die Depressionen haben das — Zeichen. Um das Mittel zu finden, wurden alle Erhebungen oder + Zahlen, und alle Depressionen oder — Zahlen, jede für sich addirt, die kleinere Summe von der größern abgezogen, und der Rest durch die Zahl aller Beobachtungen dividirt. Die größten positiven und negativen Zahlen des Journals in jedem Monat, gaben die *größte Erhebung* und die *größte Depression*. So erhält man in dieser Tabelle eine interessante Uebersicht von der Größe der irdischen Refraction und ihrer Aenderung. Doch beziehn sich alle diese Erhebungen und Depressionen auf eine Nulllinie, die schon 24 56 $\frac{1}{4}$ " Depression unter der scheinbaren Hori-



zontallinie hat, und wären wohl billig auf diese als die wahre Nulllinie zu reduciren. (s. S. 419. Anm.)

Ein paarmal (am 25sten März und am 22sten April) war der Elbhorizont über den First des Hauses auf Hochsand erhoben; dieses wenigstens nicht sichtbar. Die mit \* bezeichneten Zahlen bedeuten die *Erhebung des Wasserhorizonts*, nicht die des Hauses. — Ferner habe ich dreymal (den 8ten Juli, 27sten August und 1sten October) stets Nachmittags, die entlegnen Gegenstände, nemlich die jenseitige Küste der Elbe im Holsteinschen mit ihren Häusern, Kirchen u. s. w., das Haus auf Hochsand, das Land Kehdingen und zum Theil das Land Hadeln, bey starker Hebung, *aufwärts in der Luft sich deutlich spiegeln* sehn. Die gleichzeitige Hebung des Hauses bey diesem Phänomen ist mit A bezeichnet. Das umgekehrte Zeichen V bedeutet *Spiegelung unterwärts*.

### R e s u l t a t e.

1.

Nach den Beobachtungen, die vom Anfang Februar bis Ende October angestellt wurden, betrug die

	Morg.	Mitt.	Ab.
mittlere Refraction	11",9	52",5	67",8
kleinste Refraction	— 52"	— 41",3	— 32",4
größte Refraction	99",1	328"	330",2



Im Durchschnitt genommen betragen folglich die *Senkungen* oder *Depressionen* des Morgens am meisten, des Abends am wenigsten, dagegen umgekehrt die *Erhebungen* des Morgens geringer, des Abends stärker sind \*). Die größte Erhebung und Erniedrigung sind zusammen  $528'' + 28'' = 10' 16''$ ; um so viel (mehr oder weniger, nachdem der Gegenstand weiter oder näher ist) scheint man folglich bey geometrischen Höhenmessungen fehlen zu können, wenn man sie auf gerathewohl unternimmt, und keine Merkmale zur Verbesserung, wegen der jedesmaligen Beschaffenheit der Strahlenbrechung hat.

## 2.

Was die *Spiegelung* mit umgekehrten Bildern unterhalb der Gegenstände betrifft, so hatte dieses Phänomen, wie man aus der obigen Tafel sieht, bey Gegenständen, die über eine Wasserfläche fort gefehn wurden, sehr oft statt. Fast immer, wenn das Haus auf Hochland sich so spiegelte, war es mit den beiden Pfählen in gleicher Höhe, oder unter der Kopffläche des östlichen

## Ee 2

\*) Damit stimmen die Beobachtungen *Ellicott's* im vorigen, und *Vince's* und *Latham's* in dem folgenden Stück der *Annalen* aufs beste zusammen, welche die außerordentlichen Hebungen entgegen sonst unsichtbarer Küsten, die sie beschreiben, des Nachmittags, wenigstens, in größter Stärke sehen.

Pfahls gesenkt, selten um 1 bis  $1\frac{1}{2}$ , und nie über 2 Zoll darüber erhaben. — Umgekehrt waren alle Erniedrigungen mit Spiegelungen des Hauses und andrer entlegner Gegenstände über dem Wasser her begleitet, so daß man das Haus selbst und zugleich ein deutliches umgekehrtes Bild unter demselben sah.

Es ist schon vorhin dargethan worden, daß dieses auf keiner wahren katoptrischen Spiegelung, sondern auf einer der gewöhnlichen atmosphärischen Refraction entgegengesetzt wirkenden Strahlenbrechung beruhe, welche die Lichtstrahlen nach oben krümmt, so daß ihre Bahn nach unten zu convex wird. Ist das wirklich der Fall, so läßt sich wol nicht annehmen, daß zwey Lichtstrahlen, welche von einem Puncte des Object ausgehn, in senkrechter Ebne bleiben, und in einem Puncte, nemlich im Auge, wieder zusammen kommen, folglich zwey Lichtstrahlen, die sich in ihrer ganzen Bahn nicht weit von einander entfernen können, eine entgegengesetzte Brechung leiden, und der eine aufwärts, der andre hierabwärts gekrümmt werden sollte \*). Vielmehr sind dann höchstwahrscheinlich sowohl die Strahlen, durch welche man den entlegnen Gegenstand, als die, durch welche man das Bild sieht, unterwärts gebogen, nur diese mehr als jene, so daß auch das Object eine absolute Erniedrigung in Ver-

\*) Höchstens nur in sehr einzelnen Fällen, dergleichen Vince beobachtet zu haben scheint. d. H.

gleich der horizontalen (oder fast horizontalen) Strahlen, durch die es sonst gesehn wird, erleidet<sup>\*)</sup>).

Da nun, so oft das Haus auf Hochland in oder unter der *pro basi* angenommenen Linie (durch die Kopffläche der beiden Pfähle und den First des Hauses) erschien, oder darunter, eine Spiegung unterwärts statt fand; so war diese Linie nicht grade, sondern ein wenig unterwärts gekrümmt, und der westliche Pfahl steht etwas höher, als es die grade Linie durch den First und den vordern Pfahl erfordert hätte. Und da noch bey  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll Hebung verschiedentlich eine Spiegung unterwärts statt fand; so möchte die Scheitelplatte des westlichen Pfahls, oder der Nullpunkt, um  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Zoll zu hoch gestanden haben<sup>\*\*</sup>). Zwar war einige wenige mal bey Spiegungen unterwärts das Haus  $\frac{1}{4}$  und 1 Zoll, einmal sogar 2 Zoll erhaben; als man aber einige Minuten später die Beobachtungen wiederholte, war das Object auf *o* gesunken; diese wenigen unregelmässigen Beobachtungen entschieden daher nichts, da sie von zufälligen Veränderungen, oder von dem Uebergange der Luft aus einem Zustand in einen andern, abzuhängen scheinen<sup>\*\*\*</sup>). Der Beobachtungen von  $\frac{1}{4}$  bis

<sup>\*)</sup> Vergl. *Huddarts Theorie*, Annal. d. Ph. III. 261. d. H.

<sup>\*\*</sup>) Vergl. S. 419 Anm.

<sup>\*\*\*</sup>) Da die scheinbare Horizontallinie  $9\frac{1}{4}$  Zoll Hebung über H. Wolmanns Nulllinie hatte; so ist

$\frac{1}{2}$  Zoll Hebung bey Spiegungen, sind dagegen beträchtlich viele, daher diese billig zur Regel gezogen werden.

## 5.

So wie die Erniedrigungen mit einer Spiegung unterwärts, so sind sehr starke Erhebungen auch mit einer Spiegung oberwärts begleitet. Doch ist dieses Phänomen mit deutlichen, vollständigen Bildern sehr selten, und wurde in 9 Monaten nur dreyimal wahrgenommen; mit unkenntlichen und verworrenen Bildern ist es häufiger, und bey jeder außerordentlichen Hebung, heisser Luft, etc., vorhanden.

Das Bild des Wasserhorizonts erscheint dabey zu oberst in vollkommen grader Linie, an welcher die Bilder der Häuser, Ufer, Hügel, Mühlen, Bäume etc. unterwärts umgekehrt, wie bey der vorigen Art von Spiegung, hängen. Zuweilen trennt ein Luftstreifen das verkehrte Bild von dem darunter stehenden Gegenstande; doch stoßen häufiger Bild und Gegenstand zusammen, und vermischen sich so, daß keins von beiden kenntlich ist, und das Ganze wie eine hohe Seeküste, mit vielen senkrechten Strichen, erscheint.

Da es bey dieser Spiegung oberwärts außer Zweifel ist, daß die Strahlen des Gegenstands

bey allen Spiegungen ohne Ausnahme Depression, so wie bey Spiegungen aufwärts, Hebung über diese scheinbare Horizontallinie. *Grub.*

und des Bildes, beide durch Brechung aufwärts müssen gekrümmt werden, so läßt sich hierdurch analogisch die Brechung niederwärts bey der untern Spiegung bestätigen \*).

\*) Schon *Wetterling* in seiner Abhandlung von zwey an den Schwedischen Küsten bemerkten Erscheinungen, *Erhebung* (*Hågring*) und *Seegesicht* (*Gunnilas Oerar*) in den Neuen Abh. der Kön. Schwed. Akad. der Wiss. für 1788, scheint diese Spiegung oberwärts (*Seegesicht*) eben so wohl als die herabwärts beobachtet zu haben. „Die wirkliche *Erhebung* (*Hågring*), sagt er, macht nicht nur Gegenstände sichtbar, die hinter andern stehn, sondern selbst solche, die zu tief unter dem Horizonte liegen, als daß die gewöhnliche Strahlenbrechung sie zum Auge bringen könnte. Bey einer Beobachtung vom 1sten Juni 1785 bemerkte er, „daß meist alle Gegenstände von der *Erhebung* gleiche Höhe erhielten. — Das Fernrohr zum Nivelliren bestätigte es, daß die Stelle, welche der erste Streif der Erhöhung über die schwedischen Klippen einnahm, beständig die Gränze der Höhe blieb, und daß der Zuwachs niederwärts in einer spitzigen oder kolbigen Gestalt geschah. — Der *Erhebung* obere Ebene war zunächst eine grade scharfe Linie, so lang als der Klippen Grundlinie; der untere zuwachsende Theil hatte eine ordentliche kolbige Gestalt, doch mit so matter Umgränzung am Mittel der Beugung, daß er von gewöhnlicher Luft durchbrochen schien. Es war auch fast unmöglich, Farben der Körper und ihrer *Erhebungen* zu unterscheiden. Die lichten Berge gaben eben die *Erhebung* wie die

Die Bilder der Spieglung *untariöörts* sind sehr unbeständig und wandelbar; sie werden bald

Berge. „Zwar sagt *Wetterling* weiterhin: „Durch die Erhebung zeigen sich alle Gegenstände aufgerichtet, und nicht das oberste zu unterst gekehrt, wie man anfangs aus dem ersten Anwachs der Erhebung schliessen sollte.“ Allein ich bin geneigt dieses von der Erhebung der Objecte selbst, nicht von ihrer obern Spieglung zu verstehen.

Merkwürdig ist es, daß nach allgemeiner Erfahrung der Seoleute, wie *Wetterling* bemerkt, diese obern starken Spiegungen (*Guanilas Oorar*) eine Vorbedeutung grosser Stürme sind. Stürme sind heftige Strömungen, womit die Luft das gestörte Gleichgewicht herzustellen sucht. Es wäre aber kein Grund zu solchen Strömungen vorhanden, wosern nicht eine dünnere Luftschicht ziemlich lange sich unter einer dichtern ruhig erhalten könnte; die, sobald sie sich zu überwerfen anfangen, die ganze Lustregion in die gewaltigste Bewegung setzen. Von einer ähnlichen Ursach spricht *Franklin*, da er das Aufwirbeln der Wasserhosen erklärt. Vor beiden Erscheinungen geht eine Windstille her. Die dünnere Luftschicht hält sich also noch ruhig unter der dichtern und schwerern, und das Phänomen der *Gunnilas-Oorar* kann in der dünnern sich bilden, bis der Kampf der Luftschicht anfängt. Grub.

Der Leser vergleiche hiermit die Bemerkungen *Huddart's*, *Ellicot's*, *Nicholson's* und *Woltemann's* d. H.

größer, bald kleiner, bald in Stücken getrennt, und sind zuweilen eine Zeitlang in steter Bewegung. Ihre ganze Dauer ist selten über 2 Stunden von 3 bis 5 Uhr, oder 4 bis 6 Uhr Abends.

Bei den beiden Spiegelungen *unterhalb* und *oberhalb*, ist noch folgender optischer Betrag zu bemerken: Bey der *erstern* scheinen die Gegenstände selbst sehr erhaben und in der Luft zu stehn, sind aber in der That niedriger, als zu jeder andern Zeit. Bey der *letztern* hingegen scheinen die Gegenstände selbst sehr niedrig zu seyn, und kaum etwas über dem Horizonte, der selbst sehr erhoben ist, hervorzustehn. Der ganze Gegenstand ist aber in der That bey diesem Phänomen außerordentlich erhaben, obwohl, wie es scheint, zuweilen die untern Theile verhältnißmäfsig mehr als die höhern, da denn der Gegenstand niedergedrückt erscheint. Ob aber bey dieser Spiegelung oberwärts eine unregelmäßige Strahlenbrechung, vermöge der die Strahlen von den untern Theilen des Gegenstandes die von den obern durchkreuzen, vorgehe, oder überhaupt möglich sey, und ob dabey ein vollkommenes Bild, entstehen könne, über alles das kann ich mit Gewifsheit bis jetzt nichts entscheiden \*).

Beide Spiegelungen, unterwärts und oberwärts, sind, so viel ich mich erinnere, sehr gut in einem

\*) Darüber giebt *Vince's* künftig mitzutheilender Aufsatz die erwünschte Auskunft.



Ansatze von *Martinet Warneemingen omtrant het Opdoemen van Zee en Land* in den Verhandlungen der holl. Akad. der Wissensch. zu Harlem. Th. 27. St. 2. beschrieben.

5.

Mit südlichem und westlichem Winde und bey niedrigem Barometerstande war die *Erhöhung* der Gegenstände in der Regel stärker, als bey nördlichem und östlichem Winde und hohem Barometerstande, und unter diesen letztern Umständen geht die irdische Refraction nicht selten in wirklich *Erniedrigung* mit Spiegung herabwärts über. Doch ist das Barometer bey dieser Regel zuverlässiger, da sie in Hinsicht des Windes häufige Ausnahme leidet. Trockne Luft vermindert die Erhöhung der Gegenstände, feuchte Luft vermehrt sie, daher die Spiegung unterwärts häufiger bey trockner als bey feuchter statt hat. Den stärksten untrüglichsten Einfluss auf diese Refraction hat aber die *Wärme*.

In den beiden Monaten September und October wurde täglich Morgens, Mittags und Abends die Temperatur des Elbwassers und der Luft nahe über der Wasserfläche beobachtet, und es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, daß allemal, wenn das Wasser um 2° Fahrh. oder mehr *wärmer* als die Luft war, eine *Erniedrigung* der Strahlen, die sich über die Wasserfläche erstreckten, und vorausgesetzt, daß die Gegenstände sichtbar



waren) eine Spiegung herabwärts statt fand. War dagegen das Wasser um  $2^{\circ}$  F. kälter als die Luft, so fand Hebung der Strahlen und nie eine Spiegung herabwärts statt. Diese Regel litt während zweymonatlicher Beobachtung, und bey mehr als 150 Beobachtungen, keine einzige Ausnahme. Setzt man aber statt  $2^{\circ}$  nur  $1^{\circ}$ , so finden sich davon einige wenige Ausnahmen.

Auch ohne Thermometer kann man oft entscheiden, ob das Wasser oder die Luft wärmer ist. Bey jedem Froste ist so z. B. die Luft kälter als  $32^{\circ}$ , indess das Wasser nicht leicht kälter werden kann, ohne sich in Eis zu verwandeln. Eis und Schnee sind bey dem Frostwetter wärmer als die Luft, und deshalb findet bey solchem Wetter die irdische Refraction in der gewöhnlichen Bedeutung (Erniedrigung und Spiegung) allemal statt \*). Beym Aufthauen hingegen ist die Luft wärmer als die Erdoberfläche, mithin ist eine wirkliche Hebung der Gegenstände vorhanden. Im Allgemeinen ist die Luft im Frühling wärmer, im Herbst und Winter kälter, als das Meer. Im Sommer wechselt dieses nach den Tageszeiten ab; des Morgens ist das Wasser, Mittags und Abends hingegen, so lange die Sonne scheint, die Luft wärmer, wiewohl sich hierin nach Verschiedenheit des Windes und des Barometerstandes Ausnahmen zeigen.

\*) Man vergl. eine hierher gehörige Beobachtung *Wise's Annalen* III. 366. d. H.

## 6.

Das Bisherige betraf Strahlen, welche größtentheils über eine Wasserfläche hinstreichen. Herr Woltmann dehnte seine Beobachtungen aber auch auf Gegenstände aus, von welchen die Strahlen längs einer mit Pflanzen bewachsenen Erdoberfläche fortgingen. Dazu diente ihm *erstlich* die Thurmmauer der Altenbrucher Kirche des Landes Hadeln, (Fig. 1.) welche vom Observationspunct (dem westlichen Pfahle) in Südsüdost ungefähr 23470 Fuß entfernt, und etwa 70 Fuß über der Meeresfläche lag. Der Strahl ging über einen begrünzten Boden und über Getreidefelder, die mit Gräben und kleinen Wasserläufen durchschnitten sind, hin und wieder nahe über Bäume, Häuser und Deiche fort. Ein *zweiter* Gegenstand für diese Beobachtungen war ein Haus zu Duhnen, vom Observationspuncte Nordnordwest ungefähr 15200 Fuß entfernt, und über der Meeresfläche etwa 64 Fuß erhaben. Der Strahl erstreckte sich in der ganzen Länge über ein ziemlich trocknes und ofnes Getreidefeld, ohne Häuser, Bäume und dergleichen.

Die Beobachtungen wurden eben so, wie die vorigen, angestellt, und der Nullpunct wiederum zu einer Zeit bestimmt, als die entlegnen Gegenstände über Wasser her sich unterwärts spiegelten. Doch waren die beiden gewählten Gegenstände zu nahe, als daß an ihnen selbst die Spiegelung sichtbar werden konnte, auch kein entfernteres Object

im Observationspuncte sichtbar, von welchem die Strahlen bloß über trockne Erde gegangen wären, obſchon, wenn man eine ganz offne Ebne vor ſich hat, oder von einer Höhe über Gebüſch und dergl. wegſieht, (z. B. von den Geſſthöhen über die Marſchen daſiger Gegend) es nichts ſeltner iſt, die ganze Landſchaft in einem unbeweglichen *Glasmeere* zu ſehn, worin ſich alle erhobnen Gegenſtände *unterwärts ſpiegeln*. Dieſe Spieglung bey Seite geſetzt, fand H. Woltmann eine völlige Uebereinſtimmung in der Brechung der Strahlen, die über Land und über Waſſer hinſtreichen. Der Strahl krümmt ſich allemal ſo, daß er nach der *wärmſten* Seite zu convex iſt, und die Refraction iſt deſto größer, je größer die Wärmeverſchiedenheit zwiſchen beiden Materien iſt.

## 7.

Iſt der Himmel den ganzen Tag bedeckt, oder der Erdboden bey heitrer Luft ſo feucht, daß die Pflanzen ſich durchs *Verdünſten* abkühlen, ſo iſt es möglich, daß die Refraction den ganzen Tag über aufwärts convex bleibt. Werden aber Strahlen, die über den feſten Boden hingehn, des Morgens herabwärts convex gekrümmt; ſo muß dieſe Depression gegen Mittag noch zunehmen oder wenigſtens beſtehn bleiben. Beobachtet man Morgens und Abends Depression; ſo iſt ihre Dauer auf dem feſten Lande an dieſem Tage keinem Zweifel unterworfen, weil ſie hier um Mittag allemal zunimmt; auf der See wird nicht ſelten die Hebung um Mittag am größten.

Sieht man die *Sonne* oder den *Mond* *aufgehn* oder *untergehn*, so giebt ihre Gestalt ein untrügliches Merkmal, ob Hebung oder Senkung statt findet. Im letztern Fall scheint die Sonnen- oder Mondscheibe nicht rund, sondern in die Länge gezogen. Ein Theil derselben spiegelt sich unterwärts; das umgekehrte Bild kann  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  des Durchmessers betragen, und es ist, als ob an dem auf- oder untergegangnen Theile der Anfang einer andern Scheibe angesetzt wäre.

In Ermanglung andrer Gegenstände kann die *Spiegelung der Atmosphäre* selbst ein Merkmal der Depression abgeben. Oft, und meist bey heiterm Sonnenscheine, sieht man rings umher an der Gränze des Horizonts eine scheinbare *wellenförmige Bewegung* der Luft, wobey der Gesichtskreis mehr als gewöhnlich eingeschränkt ist. Diese Wellen sind keine wirkliche Luft, da man keinen Stofs von ihnen fühlt, nur Bilder von Wellen, die den Wanderer ringsum *begleiten*, aber immer vor ihm fliehn. Ein kleiner, niedriger Streifen der Atmosphäre spiegelt sich, so daß der unterste Theil des Bildes zum obern Theile des abgespiegelten Streifens gehört, und in diesem Theil des Bildes ist die anscheinende Aestuation.

---

## III.

## T H E O R I E

der mit Spiegung verbundnen Senkung und Hebung der Objecte am Horizont;

VOM

Abbé GRUBER, k. k. Baudir.

(ein Zusatz zu vorstehendem Aufsatz) \*).

Da die Depression samt ihrer Spiegung abwärts nur dann stattfindet, wenn die Fläche, worüber sie geschieht, wärmer als die Atmosphäre ist, so

\*) Vergl. S. 397 Anm. „Warum man diese Brechungen, (sagt Herr Baudirector Gruber in einem Schreiben an den Herausgeber der Annalen,) *terrestrische*, zum Gegensatz der *himmlischen*, nennt, will mir nicht so ganz einleuchten. Verdünnung der Luft durch Wärme ist der einzige Grund dieser Strahlenbrechung, und die Antipode der gewöhnlichen, die durch Verdichtung der Luft geschieht. Vielleicht sollte sie *Strahlenbrechung in verdünnter Luft* heißen. Erdflächen geben nur Veranlassung zur Erzeugung einer wärmern und dünnern Luft, worin das Phänomen zuerst bemerkt wurde. So wie über der Erde, kann es auch über oder unter einer flachen Wolke, oder einer Luftschicht, die sich von der nächsten durch einen mindern Wärme-grad unterscheidet, gesehn werden. Von die-

muß man ihre Ursach in der durch Wärme abwärts sich verdünnenden Luft auffuchen, und Wasserdünste können nur, in so fern sie der wärmern Luft mehr Ausdehnung und Spannung geben,

ser Art sind an der Nordsee die *Gunilar Or*  
*car.*

Diese Bemerkung ist allerdings sehr treffend. Schickliche Kunstwörter für die verschiedenen Arten von Strahlenbrechung sind nöthig, um nicht zu weitläufig zu werden, und sich nicht zu verwirren. An Kunstwörtern fehlt es nun zwar nicht, wohl aber an einer schicklichen Auswahl und Bestimmung. *Astronomische* oder *himmlische Strahlenbrechung* bedeutet ursprünglich (die Brechung der Strahlen, die von himmlischen Gegenständen zu uns herab kommen; sie erhöht den scheinbaren Ort eines Punctes über den wahren, in der Verticalebne, und zwar um eine Größe, welche zwar etwas, doch in der Regel nicht gar sehr veränderlich ist. Eine Strahlenbrechung, die von dieser gewöhnlichen abweicht, sey es nun durch eine außerordentliche Erhöhung des scheinbaren über den wahren Ort des leuchtenden Punctes, oder dadurch, daß sie ihn unter diesen erniedrigt, oder aus der Verticalebne verrückt, möchte man wohl mit *Visce* am schicklichsten eine *ungewöhnliche Strahlenbrechung* nennen, allenfalls, in so fern der Grund dazu immer nahe an der Erde ist, *terrestrische Refraction*, wenn nicht am Ende die Ursach aller dieser Refractionen die Atmosphäre, und also terrestrisch wäre. Schicklicher *brauchte* man diesen Ausdruck, vielleicht bloß

ben, etwas dazu beytragen \*). Hierbey kömmt aber die natürliche Zunahme der Temperatur in niedern und dichtern Luftregionen, so fern sie dichter sind, nicht in Betracht, sondern bloß die höhere Temperatur in den untersten Luftschichten und der darunter liegenden Fläche, durch welche

für Brechung der Strahlen irdischer Gegenstände, wollte man ihn anders überhaupt beybehalten. Die meisten ungewöhnlichen sind *horizontale Strahlenbrechungen*, in so fern die Strahlen dabey nicht hoch über den Horizont herabkommen; doch giebt es auch ungewöhnliche Höhenrefractionen, z. B. bey dem Sirocco und bey ungewöhnlichen Zuständen der Luft. In so fern die ungewöhnliche Horizontalbrechung mit doppelten Bildern der Gegenstände verbunden ist, nennen Hr. Gruber und Woltmann sie ein *katoptrisches Phänomen*, eine *Strahlen-Abprallung*; allein da sie das wirklich nicht, sondern ganz und gar eine dioptrische Erscheinung ist, so möchten diese Namen nicht zum besten, und nicht so gut als der: *Spiegelung*, gewählt seyn. *Strahlenbrechung über erwärmte Flächen* wäre einestheils ein sehr weitläufiges Kunstwort, andertheils vielleicht zu eingeschränkt, da gleich Huddart's erste Beobachtung zu zeigen scheint, daß Wasserdünste darauf beträchtlichen Einfluß haben: und *Strahlenbrechung in verdünnter Luft* ist theils nicht minder weitläufig, theils auch ohne fernere Bestimmungen wohl nicht charakteristisch.

d. H.

\*) Vergl. *Nicholson's Bemerkung Annal. III. 307.*



diese Schichten dünner als die darüber stehenden werden, und sich von oben herabwärts bis zur erwärmten Fläche verdünnen.

Unter dieser Voraussetzung ist die Theorie der Depressio und der Spiegelung abwärts eine Folgerung aus dem dioptrischen Grundsatz, daß die Brechung aus dem dichtern in das dünnere Mittel vom Perpendikel abwärts geschieht, so daß der Brechungswinkel grösser als der Einfallswinkel wird. Was *Newton* von der krummen Refractions- und Reflexionslinie der gemelnen Spiegelung sagt: *si attractio vel impulsus ponatur uniformis, erit ex demonstratis Galilaei parabola* \*) gilt hier aus derselben Ursach, nur daß hier der Refractionsraum endlich, dort unendlich klein ist, daher der Strahlengang unsers Phänomens in sehr grossen, bey der gemeinen Spiegelreflexion dagegen in unendlich kleinen Parabeln besteht. — Da die Luft abwärts dünner wird, so müssen die tiefer kommenden Strahlen stärker gebrochen, und daher unter kleinern Winkeln als die oberen reflectirt, mithin die untern Parabeln abwärts convexer als die obern werden. Da nun aus jedem Punkte des Objects Strahlen nach allen Richtungen ausfahren, so ist es möglich, daß mehrere Strahlen desselben Punctes in der Verticalebene durch das Auge, mittelst verschiedner Brechungen, ins Auge kommen. Machen sie aber hier einen Winkel, so sieht man den Punct, aus dem sie

\*) *Phil. nat. princ. math. pr. 94.*



herkommen, doppelt, nach ihren Tangenten, einen über dem andern.

So lange die Strahlen dabey, ohne sich zu durchkreuzen, ins Auge kommen, erscheint das Object jedesmal aufrecht und in seiner natürlichen Lage. Durchkreuzen sie sich aber, wie in Fig. 5., so sieht man den Gegenstand umgekehrt. Man kann dieses ein *Bild* nennen, wiewohl fast alles, was nicht durch grade Linien gesehn wird, ein Bild heißen könnte. — Wenn sich das Object in den Raum der wachsenden Refractionen einsenkt, so kann es eben darum in seinem umgekehrt reflectirten Bilde verkürzt erscheinen, wie wiederum in Fig. 5., wenn des untern Strahls  $HO$  Reflexionscheitel tiefer als der des obern Strahls  $GO$  liegt, da denn der Reflexionswinkel  $gOh$  kleiner, als der grade Sehungswinkel  $GOH$  wird. Hierin unterscheidet sich die *Spiegelung abwärts* wesentlich von der gemeinen auf ebenen Flächen, wo alle Reflexionscheitel in derselben Ebene liegen.

Aus dieser Theorie lassen sich die vorzüglichsten Beobachtungen bey der *Depression* der Gegenstände und deren *untern Spiegelung* ohne Schwierigkeit erklären:

1) Die aufrechtstehenden Gegenstände werden *niedergedrückt*, weil der ganze Sehungswinkel wegen des abwärts gekrümmten Strahlengangs sich senkt;

2) Sie verlängern sich nach unten, weil mehrere Strahlen derselben Punkte, die verschiedentlich gebrochen zum Auge gelangen, die Punkte zu Linien verlängern, (wie das Hr. Woltmann eben so an der aufgehenden Sonne, als ich an einer rothen Scheibe im Horizont einer erhitzten Eisenstange wahrnahm.) Beides ist Ursach, warum die Gegenstände *näher* zu kommen scheinen, denn was man tiefer und verlängert sieht, hält man für näher.

3) Die umgekehrt reflectirten Bilder werden *abwärts verkürzt*, weil die stärkere Refraction abwärts die Schungswinkel verkleinert; und diese Verkürzung muß um so sichtbarer seyn, je mehr die Punkte der aufrechtstehenden Objecte oben verlängert werden.

4) Die Gränze der aufrechtstehenden Gegenstände und ihrer verkehrten Bilder ist auch die Gränze der Verlängerung der Punkte überwärts, und der Verkürzung der senkrechten Linien unterwärts. Sie ist nie scharf begränzt, weil die Refractionen und Reflexionen in einander fließen, und sich um so mehr vermischen, je größer der Unterschied der Dichtigkeit oder Wärme über und unter der Gränze ist. So viel von der Depression und der Spieglung unterwärts.

Die *Hebung* der Gegenstände ist zwar sicher eine Wirkung der gemeinen Strahlenbrechung, allein die *Spieglung überwärts* scheint nicht von

dieser Ursach herzurühren. Denn um ein umgekehrtes, wenn gleich verwirrtes, Bild hervorzubringen, müssen sich die Strahlen in ihrem Gange durchkreuzen, welches bey dem gewöhnlichen Zustand der Atmosphäre nie der Fall ist. Da diese Spiegung überwärts nur bey außerordentlichen Hebungen, anfangs etwas genauer, dann aber mit lothrechten undeutlichen Streifen nach den Gegenständen herab verlängert, wahrgenommen wird; so läßt das auf eine grössere Erwärmung und darauf beruhende Verdünnung der Luftschicht, worin die Spiegung vor sich geht, schliessen, wodurch die Strahlen, welche aufwärts convex sind, noch stärker gebogen, und dadurch wieder zu einer dichtern darunter befindlichen Luftschicht herabgebracht werden. Denn gesetzt, der Strahl  $GI$  (Fig. 6.) gehe durch eine Luftschicht herauf, welche sich nach oben zu allmählig verdünnt, so wird der Strahl von seiner Tangente ab, und zwar je höher er kömmt, desto stärker herabwärts gebrochen, so daß er sich vom Scheitel seiner Bahn ab herabwärts bewegt, und dabey der senkrechten Lage immer mehr und mehr nähert. Bey grösserer Höhe dieser Luftschicht, und grösserem Unterschied in ihren Dichtigkeiten würden daher die Strahlen stärker gekrümmt, und hieraus läßt es sich erklären, wie sich Strahlen, gleich  $AIO$  und  $GFO$ , in diesem Fall durchkreuzen können, welches, so oft eine Spiegung aufwärts erscheint, nothwendig der Fall seyn muß.

Die Verlängerung der verkehrten Bilder gegen die darunter stehenden Gegenstände durch lothrechte Streifen, womit die Spiegglung undeutlich wird, zeigt offenbar, daß die untern Strahlen des Bildes, wenn sie in das Auge  $O$  kommen, wieder mehr von der senkrechten Linie als die obern abweichen, und entweder wie  $AFO$  in ihrem zweyten herabgehenden Aste noch einmal, und zwar nach unten gekrümmt werden, oder wie  $AHO$  nach flächern Linien fortgehn, doch so, daß sie sich kreuzen, da sie eine Spiegglung, obschon eine verwirrte, bewirken. Beides ist durch einen ordentlichen parabolischen Strahlengang schwer zu erklären, und ich wünschte, daß H. Wolemann, der uns zur Theorie der Depression so wichtige Data geliefert hat, auch hierüber durch fernere Beobachtungen einen Ausschlag zu geben sich entschließen möchte.

---

## IV.

*Ueber die Bewegungen  
kleiner brennender Döchte,  
wenn sie  
in einem Becken mit Oehl schwimmen;*

VON

PATRICK WILSON,  
Prof. der prakt. Astron. zu Glasgow \*).

Die *hydrostatische Lampe* (wie sie Herr Wilson nennt) besteht aus einem kreisförmigen Schnittchen von gewöhnlichem Schreibpapiere, ungefähr  $\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser; etwa  $\frac{1}{4}$  Zoll gesponnene Baumwolle, durch eine Oeffnung in der Mitte des Papiere gesteckt, vertritt die Stelle des Döchtes, und das Lämpchen schwimmt in einem flachen gläsernen Becken mit beynahe senkrechten Seiten, auf Provenceröhl. Sobald die Lampe angezündet ist, selt sie schnell nach der Seite des Gefäßes zu, stößt daran, und geht dann nach der Seite des Gefäßes zu sich drängend im Kreise umher, wobey sie bald von der Rechten nach der Linken, bald in entgegengesetzter Richtung circullirt, je nachdem der vorderste

\*) *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. 4. 1798. ausgezogen in Nichol's Journ. of nat. phil. Vol. 2. p. 167.*

Punct der papiernen Basis (der Leitungspunct), der zuerst an der Seite anstieß, sich nach der Berührung des Glases rechts oder links umkehrt. Dieses Umkehren bemerkt man deutlich an einer partiellen Umdrehung der Lampe um den Docht, als ihre Achse, welche so bald, als sie an den Rand des Gefäßes kommt, statt hat. Bisweilen, aber selten, bleibt auch der Leitungspunct unbeweglich an der Seite des Gefäßes stehn, und hält die Lampe fest (*forms the vinculum*), zufolge der wohlbekannten Anziehung zwischen der Erhebung des Oehls um die Basis, und an den Seiten des Glases.

Hat der kleine Docht irgend eine merkliche Excentricität auf der kreisförmigen papiernen Basis, so segelt die Lampe so, daß der dem Dochte zunächst liegende Theil das Hintertheil wird. Macht man die Basis der Lampe oval, und setzt den Docht in die längere Achse excentrisch, so bleibt das dem Dochte zunächst liegende Ende der Basis ebenfalls hinten, wenn die Lampe lqueer über das Becken schwimmt. Ist endlich das Papier ein gleichseitiges Dreyeck, und steckt der Docht in einem Perpendikel auf einer der Seiten, so wird entweder diese Seite oder die gegenüberstehende Spitze das Hintertheil, je nachdem der Docht der einen oder der andern am nächsten liegt. Diese Lampen bewegen sich ebenfalls kreisförmig, so bald sie an die Seiten des Gefäßes kommen, wenn, wie es gewöhnlich geschieht, der Leitungspunct sich vom Glase wegkehrt.

Dieser stete Kreislauf der Lampe, nachdem sie an die Seite des Gefäßes gekommen ist, scheint *Wilson* von derselben Kraft herzurühren, welche sie vorher antrieb, und noch auf dieselbe Art, aber in einer schiefen Richtung gegen die anziehende Kraft, welche das Vinculum bildet, wirkt. Diese Inclination, sagt er, werde offenbar gröfser oder geringer seyn, je nachdem der Leitungspunct mehr oder weniger von dem Glase abgekehrt ist. Wenn der Leitungspunkt und das Vinculum coincidiren, so scheint es, dafs beide Kräfte die Lampe in senkrechter Richtung nach der Seite des Glases zu fortreiben und dort still halten werden, welches auch der Beobachtung gemäß ist.

Wenn die Lampe in gerader Richtung schwamm, so war eine dem Anschein nach sehr active Repulsion zwischen ihrem Hintertbeile und dem daran liegenden Oehle bemerkbar. Um sie noch anschaulicher zu machen, streute *Wilson* sehr feinen Holzkohlenstaub um das Lämpchen. Dann entstand bey dem Fortsegeln derselben hinter ihr ein divergirender Streifen, der von allem Kohlenstaub frey war, indem dieser zurück und zu den Seiten, und zwar mit einer weit mehr als relativen Bewegung, fortgetrieben wurde. Um diese Zerstreung des Kohlenstaubes bey einer unbeweglichen Lampe zu beobachten, verfertigte *Wilson* ein Lämpchen von seiner Oblate, mit einem excentrischen Dachte, der aus einem doppelten



und weichen Faden Baumwolle bestand. Die obere Fläche dieser Oblate überzog er mit Goldblättchen, damit sie kein Feuer fangen möchte; und machte sie nun auf dem Oehle unbeweglich. Der Kohlenstaub zog sich von ihr nach allen Richtungen zurück, und zwar an der dem Dochte zunächst liegenden Seite am schnellsten, an der entgegenstehenden Seite am wenigsten merklich.

Hieraus glaubt *Wilson* sowohl die progressive Bewegung der Lampe, als auch das allgemeine Gesetz der oben beschriebenen Bewegungen erklären zu können. Denn, betrachtet man diese Zerstreuung des Staubes für jetzt bloß im Allgemeinen als die Wirkung einer Repulsion zwischen der Lampe und dem angränzenden Oehle, so zeigen die oben angeführten Thatfachen offenbar, daß in allen Fällen diese Repulsion an dem der Flamme oder dem Dochte zunächst liegenden Theile am stärksten ist; und da Wirkung und Gegenwirkung gleich und entgegengesetzt sind, so muß die Lampe in der Richtung der Linie fortgetrieben werden, die man sich durch den Docht nach dem von der Flamme entferntesten Theile der Lampe, wo die Gegenwirkung am schwächsten ist, gezogen denken kann.

Um aber eine noch deutlichere Einsicht in die physische Ursache dieser Bewegung zu erhalten, schien es ihm nöthig, dieser scheinbaren Repulsion genauer nachzuforschen, und hier boten



sich ihm folgende Betrachtungen dar. Wenn das Oehl in dem Becken von gleichförmiger Temperatur ist, so befinden sich alle Oehltheile im Zustande des Gleichgewichts und der Ruhe. Wird die Lampe angezündet, so hört dieser Zustand des Gleichgewichts auf, indem die Flamme das unter ihr befindliche Oehl erwärmt, welches dadurch sogleich sein Volumen vergrößert, und sein specifisches Gewicht vermindert, daher es durch die Schwere der übrigen Masse emporgetrieben wird. Das Aufwärtssteigen der erhitzten Oehltheile wird durch das Gewicht der aufliegenden Lampe verhindert; sie suchen sich daher einen Weg zu bahnen, und gleiten unter der Lampe fort, als ein dünner Strom in der Oberfläche. Dieses beständige Strömen geht am schnellsten und häufigsten nach der Seite hin, wo der Widerstand am geringsten, und der Weg, um unter der Lampe hervor zu kommen, am kürzesten ist, d. h. vom Dochte ab nach dem dem Dochte zunächst liegenden Rand der Basis. Die Gegenwirkung dieses Stroms des verdünnten Oehls ist daher auch ungleich, und muß die Lampe in einer der stärksten Strömung entgegengesetzten Richtung fortreiben, da sie denn so schwimmen muß, wie wir gesehen haben. Dazu kommt, daß das erhitzte und von der Flamme sich zurückziehende Oehl, welches sich etwas über der Oberfläche der übrigen Oehlmasse zu erheben sucht, auch im Verhältniß der erlittenen Veränderung seiner specifischen Schwere den Theil der Lampen-Basis, wo es

austritt, bald mehr bald weniger in die Höhe hebt. Dieses befördert die Gegenwirkung des Oehlstroms, und macht, daß die Lampe in der entgegengesetzten Richtung desselben, gleichsam bergabwärts schwimmt.

Daß das unter der Basis verdünnte Oehl wirklich eine beständige Tendenz hat, sich zu erheben, scheint Wilsoh auch daraus unläugbar zu erhellen, daß eine Lampe, die eine Zeitlang gebrannt, und ihre Basis voll Oehl gesogen hat, sogleich untersinkt, sobald sie ausgeblasen wird. Dies geschieht auch bey einer Lampe von einer dünnen Lamella von *Glimmer* (Marienglas), die sehr gut schwimmt, bis die Flamme ausgelöscht wird, dann aber sogleich zu Boden sinkt.

Dieser Erklärung entsprach auch folgender Versuch. Als er die Oberfläche des Oehls mit einer rothglühenden Eisenstange berührte, und so eine örtliche Erwärmung in demselben hervorbrachte, zeigte sich ringsum vom Eisen ein solches Abströmen, so daß der auf der Oberfläche gestreute Kohlenstaub sich in immer mehr erweiternden Kreisen davon entfernte, bis er endlich ganz an dem Rande des Beckens zusammengedrängt war. Wurden sehr kleine Theilchen Goldblatt mit dem Oehle, wenn es eine sehr geringe Höhe hatte, vermischt, und durch sie alle Bewegungen im Oehle sichtbar gemacht, so bemerkte man unter-

wärts einen entgegengesetzten Strom, der sich der glühenden Eisenstange von allen Richtungen her nahte, und dann aufwärts stieg\*).

Diese allgemeine Tendenz aller Theile der Flüssigkeit, sich durch Bewegung ins Gleichgewicht zu setzen, läßt sich dem Auge auf folgende Art darstellen. Man giesse in eine Theeschale oder in ein Punschglas, Wasser, und dazu einen Löffel voll sehr helles Provenceröhl, welchem kleine Goldblatttheilchen beygemischt sind. Wenn das Wasser kalt ist, und das Oehl allmählig und ohne Unterbrechung zugegossen wird, so bleibt es mitten auf der Oberfläche des Wassers in Gestalt einer Linse, ganz isolirt, von den Seiten des Gefäßes in gleicher Entfernung. Ein Lämpchen auf diese Linse von Oehl gesetzt und angezündet, fährt und dreht sich eben so herum, wie längere Lampen in einem Becken mit Oehl. Bringt man sie in Ruhe, so bemerkt man, daß die kleinen Goldtheilchen beständig an dem Hintertheile von dem Strome in der Oberfläche herausgeworfen werden, indess die Theilchen auf dem Boden der Oehllinse langsam von allen Richtungen her nach der Lampe strömen, unter der Flamme, als dem grossen Mittelpunkt der An-

\*) Eine Bestätigung der Rumfordschen Lehre, daß Oehl ein Nichtleiter der Wärme ist, d. h. daß die Wärme sich durch Oehl nicht nach unten fortpflanzt.

ziehung emporsteigen, und dann von dem Strom an der Oberfläche ergriffen, schnell wieder bis in einige Entfernung von der Lampe mit fortgerissen werden, wo sie wieder sinken, um den Kreislauf von neuem zu beginnen.

Wenn ein Stückchen Papier, eine Oblate, oder ein anderer leichter Körper auf dem Oehl in dem Becken schwimmt, und man die Spitze eines heißen Eisens daran hält, so verläßt er, von einer scheinbaren Repulsion weggetrieben, seinen Ort; im Grunde aber ist es der von der Hitze hervorgebrachte Strom an der Oberfläche, der sich von dem Eisen nach allen Richtungen bewegt, der ihn mit sich fortreißt.

Wirft man auf Terpentinöhl, Aether, Alcohol oder irgend ein andres entzündbares Fluidum, welches viele Tenacität besitzt, eine stark erhitzte Oblate; so gleitet sie sogleich von ihrem ersten Standpunct weg, und setzt ihre Bewegung fort, bis sie erkaltet ist, da dann auch der Strom, welcher unter irgend einem Theile derselben reichlich hervorkam, aufhört. Starker Rum, geschmolzener Talg, Wachs und Harz, zeigen dasselbe anhaltende Abströmen auf der Oberfläche, von dem Punct, wo eine örtliche Erwärmung vorgeht, und dieselben Erscheinungen, wie das Oehl, wenn man kleine Lampen auf ihnen schwimmen läßt.

Auf dem *Wasser* bringt eine örtliche Hitze keine ähnlichen Wirkungen hervor. Hält man nemlich die Spitze eines beynahe glühenden Schiereisens sehr nahe an die Oberfläche des Wassers in einem Becken, so gleiten die Kohlenstäbchen ganz und gar nicht hinweg, sondern nehmen bloß eine langsame irreguläre Kreisbewegung an, die sich bald weiter verbreitet, indess die schwimmenden Partikeln beynahe ihren relativen Ort behalten. Dasselbe geschieht, wenn man auch gleich durch diese glühende Spitze das Wasser in ein gelindes Kochen bringt. Willson meint, daß dies wohl daher rühre, weil das Wasser sich durch die Wärme bekanntermaassen weit weniger ausdehnen lasse, als die brennbaren Flüssigkeiten, und daß die Ausdehnung desselben wohl zu gering seyn möge, um das Gleichgewicht der Theilchen so weit zu stören, daß dadurch ein solches Abströmen der leichtern und ausgedehnter, unter dem erhitzten Körper, entstehen könnte. Auch ist es möglich, daß die Wassertheilchen, wenn sie erwärmt werden, sogleich den Ueberschuß von Wärme dem angränzenden kältern Wasser mittheilen, und weit schneller, als es die entzündbaren Flüssigkeiten unter gleichen Umständen thun; so daß der hohe Grad der Temperatur, welcher eine so starke Expansion, wie sie zur Aufhebung des Gleichgewichts und zur Hervorbringung eines Stroms nöthig ist, nicht zu Stande kommen kann; nicht zu gedenken, daß das Maximum dieser Temperatur nie 212 Grads,

als den Siedepunkt des Wassers, überschreiten kann.

Dafs das Gleichgewicht unter den Wassertheilen durch locale Anwendung der Hitze, obgleich in geringern Graden als bey entzündbaren Flüssigkeiten, wirklich unterbrochen wird, erhellt wenn man ein Lämpchen in einer kleinen dünnen Schaaale auf Wasser schwimmen läßt. Stand die Lampe etwas vom Rande, und zugleich etwas tiefer als derselbe, so dafs sie mit dem Wasser einerley Niveau hatte, so bewegte sich die Schaaale auf dem Wasser sehr langsam, und zwar immer so, dafs der Theil der Schaaale, dessen Rande die Flamme am nächsten war, zu hinterst kam. Wurde dieselbe Schaaale aus dem Wasser genommen, und in ein Becken mit starkem Rum gethan, so schwamm sie viel geschwinder, aber nach demselben Gesetze\*).

In

- \*) Dasselbe thun auch die Versuche dar, welche *Prevost* in seiner zweyten Abhandlung über die Mittel, die Ausflüsse riechender Körper sichtbar zu machen, erzählt. Er näherte Scheiben aus dünner Zinnfolie, welche auf dem Wasser schwammen, einem glühenden Eisenstab. Hielt er ihn senkrecht über der Mitte der Scheibe, so blieb sie ruhen; über einen andern Punkt senkrecht gehalten, bewegte sich der Mittelpunct vom Stabe abwärts; in schiefer Richtung gehalten, kam die Scheibe stets in der Richtung

In der Nachschrift giebt *Wilson* Anleitung zur Wiederholung seiner Versuche. Der Faden, welchen er zu dem Dochte brauchte, war von sehr weicher Baumwolle, wie man sie zu dem gebühten Muslin nimmt. Nachdem er die Basis in einem Punct durchstoßen hatte, steckte er ein Stückchen von dem Faden durch, schnitt ihn unten kurz ab, und drängte mit einer Nadel den Rand der Oeffnung rund um den Faden faßt an, damit die Basis ihn desto besser halten konnte. Dann schnitt er den überflüssigen Faden oben weg, und liefs den Docht ungefähr einen Viertelzoll lang; so war die Lampe fertig. Wenn er sie auf

des Stahls in Bewegung, gleichviel ob er über den vordersten, den hintersten Theil oder den Mittelpunct gehalten wurde. Grade so, wie im ersten Fall, erfolgte die Bewegung, als er den Brennpunct einer Glaslinse auf die Scheibe fallen liefs. Solche Bewegungen, behauptete *Prévost*, fänden bey leichten Körpern, die man in der Luft aufhängt, gar nicht, und auf dem Oehle nur sehr schwer statt; doch schmolzen die auf Oehl schwimmenden Staniolfscheiben bald. Auch reiche eine sehr dünne Oehllage, etwas Staub, oder das bloße Eintauchen der warmen Finger hin, diese Bewegungen auf dem Wasser zu verhindern. Alles dieses läst sich aus den von *Wilson* angegebenen Gründen ohne Schwierigkeit erklären. Dafs dabey aber wahrscheinlich noch ein andrer Umstand mit im Spiel ist, darüber sehe man die folgende von *A. H.*

Annal. d. Physik 3. B. 4. St. Gg



das Oehl setzte, so faßte er sie bey dem Dochte an, damit die papierne Basis nicht gekrümmt oder zerknittert werden möchte; hierauf berührte er den Docht mit einem Tropfen Oehl, der dann zum anzünden fertig war. Zum Anzünden bediente er sich eines Stückchens in Oehl getauchten Bindfadens; wodurch keine Unreinigkeiten auf das Oehl kamen, wie es mit einem Talg- oder Wachslichte geschehn seyn würde.

Wenn sich die Lampe kreisförmig bewegen soll, so muß das Oehl sehr rein seyn, und in völlige Berührung mit den Seiten des Glases gebracht werden. Das Oehl und das Becken müssen gleiche Temperatur, welche zwischen 55° bis 60° F. fallen kann, haben. Denn, wenn ein Theil des Randes beträchtlich heißer ist als der andere, so wendet sich die Lampe von dieser Seite weg.

---

*Anmerkung zu Wilson's Versuchen über die Bewegung schwimmender Lampen,  
von L. A. v. Arnim.*

Bey der Wiederholung der Wilsonschen Versuche wurde es mir sehr wahrscheinlich, daß außer der durch Erhitzung im Oehl hervorgebrachten Strömung, noch eine andre Ursache mitwirke.

Wenn man an die merkwürdigen Versuche *Achard's* über Adhäsion bey verschiedenen Graden



der Wärme \*), und an die große Schwächung derselben durch die Wärme sich erinnert, so dringt sich uns die Vermuthung auf, ob nicht etwa bey jenen Lampen eine ungleiche Erwärmung des Oehls unter derselben, und dadurch eine stärkere Anziehung nach der weniger erwärmten Seite, so wie eine leichtere Ausströmung des erwärmten Oehls an der andern Seite, und durch diese Ursache allein schon eine Bewegung der schwimmenden Lampe hervorgebracht werde. In dieser Absicht schnitt ich einige kreisrunde Lampen so genau wie möglich aus, befestigte den Docht genau in ihrer Mitte und setzte sie auf das Oehl. Der Erfolg war, daß einige nach dem Anzünden sich bewegten, andre unbewegt stehen blieben. Bey diesen letzteren brauchte ich aber nur leise den Docht nach einer Seite überzubiegen, wodurch diese stärker erwärmt wurde, um sie sogleich in einer der Erwärmung entgegengesetzten Richtung in Bewegung zu setzen. Ich verfertigte eine elliptische Lampe, und setzte den Docht in einen der Brennpuncte; die Bewegung erfolgte nach dem leeren Theil der Scheibe; sobald ich aber den etwas langen Docht nach der andern Seite überbog, so erfolgt sie nach der entgegengesetzten Richtung. Ich glaube, daß diese Versuche jene Vermuthung hinlänglich bestätigen.

Gg 2

\*) Achard's chem. phys. Schriften. Berlin 1786  
S. 359. u. Tab. 1.

Die kreisende Bewegung am Rande des Gefäßes läßt sich wohl am leichtesten aus der durch die Adhäsion des Gefäßes mit der Flüssigkeit hervorgebrachten Erhöhung der letztern erklären. Wird nemlich die weniger erwärmte, oder längere Seite der Lampe herangedrückt, so steht sie höher; dadurch wird der Stroom des erwärmten leichtern Oehls nach dieser Seite sich wenden. Ist er stärker als die Adhäsion, so wird die Scheibe mit der längern Seite herabsinken, und die kreisende Bewegung erfolgt.

Diese Ansicht wird auch bey *Prevost's* \*) Versuchen über die durch Sonnenstrahlen getriebenen Platten nutzbar. Auch bey diesen wird die auf der Flüssigkeit schwimmende Platte durch ein Brennglas nur an einer Seite erhitzt; es wird daher die Anziehung der Flüssigkeit gegen den kälteren Theil stärker, wohin die Bewegung geht.

Bey schlechteren Wärmeleitern wird daher auch die Bewegung schneller als bey guten Wärmeleitern seyn. Dies bestätigen *Prevost's* \*\*) Versuche sehr gut, nach welchen das Kupfer in Verhältniß seines Gewichts ungleich schneller als Zinn sich bewegt, da nach *Mayer* \*\*\*) das Wärmeleitungsvermögen des Zinns 67, des Kupfers 39 ist.

\*) Ann. de Chimie T. 24. N. 70. p. 31 — 56.

\*\*) Ann. de Chimie p. 37.

\*\*\*). Ueber die Gesetze und Modif. des Wärmestoffs. Erlangen 1791. S. 255.

## V.

Ueber die Versuche  
mit geblendeten Fledermäusen,

VON

J U R I N E.

Die Leser des Grenschen Journals der Physik kennen aus mehrern Briefen Spalanzani's (das. Th. I. S. 399 — 443.) und andrer, die Versuche, welche einen neuen Sinn in den Fledermäusen vermuthen ließen. Die Versuche (S. 440. u. a.) mit den über den Kopf gezogenen Kappen, und die dadurch erfolgte Beraubung jenes Vermögens, ohne sehen zu können und ohne Berührung, Gegenstände doch wahrzunehmen, diese mit demselben Erfolge oft wiederholten Versuche zeigten schon darauf hin, daß der Sitz desselben wahrscheinlich am Kopfe sey. Auf das Gehör fällt man am ersten, auch Spalanzani vergaß dies nicht; aber das Verstopfen der Fledermaus-Ohren (S. 412.) mit Klebewachs schadete ihrem Fluge nicht; also glaubte er, daß kein Eindruck auf die Gehörorgane die Ursach sey. Anders fielen Jurine's Versuche\*) aus, die er mit dem *vespertilio auritus* und dem *ferrum equinum* anstellte.

Einigen goß er flüssiges Fett, andren zustoßende Salben in die Ohren, noch andern zerstiess

\*) *Journal de Physique par Delamétherie, T. III.*  
p. 145 — 148.

er das Trommelfell. Konnten sie noch sehen, so waren sie zwar unruhig, aber sie wußten sehr gut allem auszuweichen, woran sie sich hätten stoßen können. Sobald er sie aber auch des Gesichts beraubte, stießen sie sogleich an allen Orten an, und hatten keinen sichern Flug mehr. Nahm man das Fett wieder aus den Ohren, so war der Flug und ihre gute Unterscheidungsgabe wieder hergestellt. Jurine untersuchte den Kopf dieser Thiere anatomisch, er fand das Gehörorgan in Verhältniß sehr groß, und sehr viele dazu gehörige Nerven. Auch der obere Kinnbacken hatte große Nerven, die sich auf der Schnauze ausbreiteten. Jurine schloß aus jenen Erfahrungen, daß das Gehörorgan diesen Thieren in Ermangelung des Gesichts diene, die Nähe von Gegenständen, ohne sie zu berühren, wahrzunehmen.

So weit Jurine; wenn wir indessen noch einen Schritt weiter gehen, und fragen, was auf diesen Sinn wirkt, so bieten sich uns mehrere Unterarten dar. Vielleicht ist es der stärkere Gegendruck der Luft, wo eine Wand oder ein andrer fester Körper die durch den Flug des Thiers erhaltene Bewegung derselben zurückwirft? Aber Jurine sowohl wie Spalanzani sahen, daß sie auch weitmaschige Netze sogar vermieden. Vielleicht ist es der Eindruck des fast ununterbrochenen Luftstroms\*), der wegen der unglei-

\*) Man kann diesen sehr gut durch den kleinen Apparat des H. Eike (Voigt's Mag. 7. B. 2. St. S. 22.) sichtbar machen. A.

chen Erwärmung der Wände und der Luft fast beständig statt findet? Ich glaube kaum, denn auch bey denen Dingen, die in der Stube standen, also sicher die Lufttemperatur hatten, nahmen jene Beobachter das erwähnte Vermögen der Fledermäuse wahr. Aber ist es nicht vielleicht die jedem Körper eigene Luft- Atmosphäre, die eine Folge der Anziehung ist? Ich glaube, daß diese Vermuthung nicht ganz zu verwerfen ist, da man auf das Daseyn derselben nicht bloß geschlossen, sondern durch den Marum'schen Versuch mit dem Brennen des Phosphors im fast luftleeren Raume \*) sich überzeugt hat. Daß eine ausgezeichnete Einrichtung des Organs dazu gehöre, um diese feine Aenderung des Luftdrucks wahrzunehmen, ist nicht zu leugnen. Diese zeigt auch wirklich die anatomische Zergliederung so wie auch die Empfindlichkeit mancher Kranken für Töne, die keinem andern wahrnehmbar sind ihnen das Wunderbare nehmen. Auch die etwas unangenehme Empfindung bey dem nahen Ueberführen eines Körpers über das Gesicht (ohne es doch selbst oder die feinen Haare zu berühren) nach Art der sogenannten magnetischen

\*) Siehe Gren's neues Journal der Physik, III. 96 — 103. Doch brauchen wir diesen Versuch bey keinem so neuen Schriftsteller zu suchen, ungeachtet H. van Marum sich für den ersten Beobachter hielt. Hauksbee (*Expériences physico-mécaniques, Tome I. Paris 1754. p. 40.*) der zu sehr vergessene, hat diesen Versuch schon mit größerer Präcision gemacht. A.

-Curen, läßt sich sehr wahrscheinlich eben daraus erklären. Den Beweis, daß die Beugung (*inflexio, diffractio*) des Lichts wahrscheinlich nichts anders, als eine Brechung (*refractio*) desselben in diesen Luftatmosphären der Körper sey; davon an einem andern Orte.

L. A. v. A.

# SACHREGISTER

sammt

Namenregister

über die

drey ersten Bände

von

Gilberts Annalen der Physik.

*Die römischen Zahlen bezeichnen die Bände, die arabischen die Seite, a eine Anmerkung.*

## A.

**A**dhärenz, der Metalle mit Quecksilber, I. 372.

III 61. Einfluß derselben auf die Bestimmung des specif. Gewichts I. 396. 418. 423. 515.; macht Körper auf specifisch leichtern Flüssigkeiten schwimmen I. 374. 397; bringt sie bey ungleicher Erwärmung in Bewegung III. 459.; wirkt so gut als nicht in die Ferne II. 25. 61.

Aether, Verdünnung desselben I. 153. Versuche über das Frieren desselb. II. 111. I. 488. Gasarten aus demselben entwickelt II. 201. 206. Himmlischer III. 110.

Akustische Instrumente, Vorschläge zu ihrer Verbesserung III. 181.

Alcarazzas, über die spanischen von Fabbioni III. 230.

Alkohol, Verdünnung desselben I. 148. 150. 153. Gasarten daraus II. 201. friert nicht II. 111. I. 486. 488.

Alkoholometer I. 162. III. 88.

Amalgama, Kienmayerisches I. 85.



**Amalienbad bey Morsleben**, chemisch untersucht von Gren III. 368.

**Ammoniak und Ammoniakgas**, Verwandlung in einander durch Druck I. 153. 155.; durch Kälte II. 115. Zersetzung des Ammoniaks durch electrische Funken in Wasserstoffgas und Stickstoffgas I. 269. Gefrieren desselben I. 485. II. 108, 110. 111.

**Amsterdammer Physiker** II. 215. Electriche Versuche I. 90. 262. Zersetzung des Wassers durch Electricität II. 143. 154. Versuche über drey Arten von kohlenstoffhaltigem Wasserstoffgas, welche sich aus Alkohol und Aether entwickeln lassen II. 201. Neue Versuche über die vorgebliche Verwandlung des Wassers in Stickgas II. 220.

**Anthracolith**, siehe Kohlenblende.

**Anthracometer** III. 79.

**Anziehung verschiedner Körper auf einander dargethan** II. 63.

**Areometer Ramsdens**, verbessert von Hassenfratz I. 158. **Homborg's**, verbessert und dessen Vorzüge I. 407. v. **Arnim's** Vorschläge zur Vervollkommnung der Areometer I. 412. **Say's** Areometer von ganz neuer Einrichtung II. 230. 238. Preise der **Renardschen** II. 120. **Nicholson's** Tafeln, um die Grade des **Beaumé'schen** Areometers in specif. Gewichte zu verwandeln III. 88.

**Areometrie von Hassenfratz** I. 158. 396.

**Argand** I. 363. 382.

**Argand'sche Lampe** II. 213. Muster einer verschlossnen Feuerstätte III. 313.

**Arnim, L. A. von**, Vorschläge zur Vervollkommnung der Areometer I. 412. Anmerkung zu Hassenfratz's Areometrie I. 423. 515. Anweisung zum Gebrauch des Areometers von Say ohne Barometerbeobachtung, allgemeiner Beweis des Mariott'schen Gesetzes, und Bemerkungen über dieses Gesetz II. 238. Beschreibung eines Thermometrographen II. 289. Beschreibung neuer Barometer, und Bemerkungen über das Heber-Barometer II. 311. Ideen zu einer Theorie des Magneten. Beobacht. über die chemische Beschaffenheit dess. III. 48. Versuche über den Einfluß der Eisenmagneten auf Galvanische Erscheinungen III. 63. Ueber einige



bisher nicht beachtete Ursachen des Irrthums bey Versuchen mit dem Eudiometer III. 91. Hydrogenometer II. 200. Beobachtungen über scheinbare Verdoppelung der Gegenstände für das Auge III. 249. Anmerkung zu *Wilsons* Versuchen über die Bewegung schwimmender Lampen. III. 458. zu *Jurine's* Versuchen III. 461.

Atmosphäre, siehe Lufkreis.

Auflösung, *Rumfords* Vermuthungen über die Natur derselben II. 258 275. Merkwürdiger Versuch über Auflösung von Kochsalz II. 260.

Ausdünstung von Thieren und Pflanzen wird durch Electricität nicht vermehrt I. 96. 112.

Ausfluß des Wassers aus Gefäßen, siehe *Hydraulik*. *Austin* II. 194.

## B.

*Baader* I. 1. 353.

*Baillet* Bemerkung über unterirdische Wasser II. 346.

*Balance de Torsion*, siehe Windungsapparat.

*Balbi* I. 11. 16.

Barometer, Wasserbarometer I. 469. Beschreibung neuer Barometer *Prony's*, *Conté's*, v. *Humboldt's*, *Gödeking's* und *Voigt's* II. 311. Beytrag zur Geschichte des Barometers II. 334. Barometerhöhe am Ufer des Meers, bestimmt von *Fleuriau Bellevue* II. 359. Tägliche Veränderungen der Atmosphäre, am Barometer beobachtet von *Duc Lachapelle* II. 361. Einfluß der Electricität auf das Barometer I. 117. Preis von *Renards* Barometer II. 118.

Batterie, siehe Electriscbe Batterie.

*Beaume's* Areometer, Verwandlung der Grade desselben in specif. Gewichte III. 88.

*Bellier hydraulique* I. 363.

*Bennet* I. 251.

*Bertier* II. 65.

Beugung des Lichts III. 235.

Blasewerke durch Wasser (*trampe*), Theorie und Berechnung derselben von *Venturi* III. 130.

Blitzableiter I. 109. 263.

*Boscovich* III. 302.

- Braunkohlen um Halle, Güte derselben II. 383.  
 Brennglas der *Ecole polyt.* II. 388. *Tschirnhauser*  
*ches* des National-Instituts II. 391.  
 Brennmaterialien, unnöthiger Verlust derselb.  
 III. 352.  
 Bressy Electricität des Wassers I. 375.  
 Briffon, *Diction. de Physique* II. 363.  
 Brooke's Electrometer I. 75. III. 6. 9. Verstärkung  
 electriccher Flaschen I. 81. 276. III. 5.  
 Brugnatelli II. 206.  
 Brunnengraberey, merkwürdige II. 348.  
 Büsch Beobachtungen über die horizontale Strahlen-  
 brechung und die wunderbaren Erscheinungen,  
 welche sie bewirkt III. 290.

C.

- Candolles II. 366. 480.  
 Cantines III. 206.  
 Carradori, D. Joach., Bemerkungen über das Leuch-  
 ten des liegenden Johanniskwürmchen und des  
 faulen Holzes I. 205. 209.  
 Cavendish, Henry, Versuche um die Dichtigkeit der  
 Erde zu bestimmen, ausgezogen und erläutert von  
 Gilbert II. 1. 68.  
 Chaptal III. 211.  
 Chemie, französische, de Lues Einwurfe dagegen  
 II. 421. Lichtenbergs Urtheil über sie II. 141. 152.  
 Chladni, über drehende Schwingungen eines Stahs  
 II. 87 Siehe auch Schall.  
 Cisternen, wie der Ausfluss aus ihnen zu vergröß-  
 ern ist II. 460  
 Clouet II. 387. III. 65.  
 Coaks und Cinders, warum sie soviel Hitze geben  
 II. 397. Bemerkungen über sie von Gazeran III. 72.  
 Cohärenz der Metalle I. 370. Bedingung des  
 Magnetismus III. 56.  
 Conté's neue Barometer II. 313.  
 Coulomb's Windungsapparat (*balance de torsion*) II.  
 3. 9.  
 Cuthbertson, John, Electrometer I. 25. Luftpumpe  
 I. 352. 358. 381. Sehr einfacher Apparat, um

durch Verbrennung von Wasserstoffgas Wasser zu erzeugen. II. 181. Neues Mittel, die Kraft electrischer Flaschen und Batterien zu erhöhen und sie zu messen, und Beschreibung eines neuen Universal-Electrometers III 1. Versuche, um ein Maass für die Kraft electrischer Maschinen zu finden III. 25. Apparat für die Zersetzung des Wassers durch Electricität II. 157.  
Cylindergebläse zum Glasblasen I. 1. zum Gasmesser II. 185.

**D.**

Dämmerung III. 102.

Dalby Beobachtungen ungewöhnlicher Strahlenbrechungen III. 274. 275. 390. 409. Messung irdischer Strahlenbrechungen. III. 282.

Dampfkugel, wie sie im Anblasen des Feuers wirkt III. 159.

Davy Athembarkheit des sauerstoffhaltigen Stickgas II. 482.

Diamant, Versuche über das Verbrennen desselben von *Guyton* II. 387. Phänomene, indem er in Sauerstoffgas verbrennt II. 393. ist reiner Kohlenstoff III. 396. 398. Bemerkungen darüber von *Gilbert* II. 466. Verpuffung mit Salpeter, und Beurtheilung von *Tennants* Versuchen darüber II. 468. Versuche, mittelst desselben weiches Eisen in Gussstahl zu verwandeln, von *Guyton* III. 65. Electrisches Verhalten des Diamanten III. 470. Magnetisches III. 49.

Dip of the sea III. 257. 276. 281. 389. Correction wegen derselben (*tables of the dip*) III. 277. Beobachtungsart III 2-8. Beobachtungen III. 288. Scheinbare Erhebung des Wasserhorizonts III 426.

Döttler III. 200.

Duc La Chapelle tägliche Veränderungen der Atmosphäre am Barometer beobachtet II. 361.

Dynamometer von *Regnier*, und damit angestellte Versuche II. 91.

## E.

**Eis**, schmilzt nicht von kochendem Wasser, was drüber steht I. 227. und damit verwandte Versuche I. 228. f.; kaltes Wasser schmilzt am meisten I. 325. 348. — Bemerkungen über die Bildung des Eises im falschen Wasser I. 443. 450. 461.; in Tropfen I. 474.; im Meere I. 463.; über Quecksilber II. 264.; im Grunde der Ströme als Grundeis II. 265. Wie man es in Benares künstlich bereitet III. 232. Wie es, wenn das Wasser nur bis 40° R. erkaltet ist, entstehen kann I. 448. Schmelzung von Eis und Schnee an der Sonne I. 449. Leuchtet II. 355.

**Eisen**, Verwandlung in Stahl durch Cementation mit Kohle III. 66. 71. mit Diamant III. 68. Welches die des stärksten Magnetismus fähige Mischung des Eisens ist III. 50. 55. Verbindung desselben mit Kohlenstoff und Sauerstoff III. 57. Eisen aus Feuerkugeln III. 87.

**Electricität** 1) nach *van Marum's* Versuchen! Mittheilung an die Luft I. 243. Einfluss auf den Puls I. 38., auf die Ausdünstung I. 96., auf Pflanzen I. 112. 114. 116. 256., auf das Barometer I. 217. auf das Verdünsten I. 120., auf Verdünnung der Luft I. 242., auf Phosphor I. 248., auf mehrere Säuren I. 266., auf Metallkalke I. 271. Verkalkung der Metalle durch verstärkte Electricität I. 258. Nachahmung der strahlenden Electricität beym Blitze I. 109. Versuche für Blitzableiter I. 263. Erscheinungen an einer Glascheibe, welche auf einer Seite gerieben wird. I. 277.

2) Electricisch chemische Versuche über die Kohle I. 100.; über Gasarten, Säuren etc. I. 266.; über die Luft aus Wasser durch Electriciren erhalten von *Pearson* II. 154., (wie die electricische Materie dabey wirkt, von *Lichtenberg* II. 143. f., von andern II. 167. 176.); über das kohlenhaltige Wasserstoffgas von *Henry* II. 194., das phosphorhaltige II. 200., das Oehlerzeugende Gas II. 308.

3) Electricität des Wassers von *Bressy* I. 375. Zusammenhang der Electr. mit der chemischen

Qualität der Körper, von *Ritter* II. 80. Electricisches Verhalten des Diamanten II. 470.

Electricische Battereien und Flaschen von *Marum's* Beschreibung des grossen *Teyler'schen* und damit angestellter Versuche I. 68. vergl. III. 2. *Deff.* Bemerkungen über grosse Batterien und die Art sie zu entladen I. 274. über *Brooks* Verstärkungsart der Flaschen I. 276. Einfaches Mittel, ihre Kraft beträchtlich zu erhöhen, und Methode, diese genau zu messen, von *Cuthbertson* III. 1. vergl. I. 81. Ihre Stärke während des Ladens zu messen von *Haldane* III. 22. Drahtschmelzung durch Battereien I. 77. 86. 259. III. 1. 9. Wie die Länge des geschmolzenen Draths mit der Ladung zunimmt III. 13.

Electricische Maschinen, Stärke der im *Teyler'schen* Museum I. 83. ob sie durch Verlängerung des Leiters gewinnen I. 244. *Cuthbertson's* Versuche, um ein Maass für die Kraft electr. Maschinen zu finden III. 25.

Electricische Materie, Wärmestoff in ihr I. 247. verbindet sich nicht leicht mit dem Sauerstoff luftförmig I. 269. ist nicht sauer I. 270. Hypothesen über sie II. 143. 167. 176.

Electricischer Rückschlag, Bemerk. darüber von *Heller* II. 223.

Electrometer *Brook's* und *Cuthbertson's* I. 75. *Nicholson's* verbessertes *Bennet'sches* Goldblatt-Electrometer I. 251. *Cuthbertson's* neues Universal-Electrometer III. 1.

*Ellicot, Andr.*, Beschreibung einer ungewöhnl. Hebung durch Strahlenbrechung und eines Sturms III. 305.

Entwässerungskanäle, die höher als das abzuleitende Wasser liegen III. 143.

Erde, Versuche um ihre Dichtigkeit zu bestimmen, von *Cavendish* II. 1.; hat kein Centralf Feuer I. 456. Woher ihre Wärme rührt I. 457. Mittlere Temperatur derf. III. 217. Grösse und Ausdehnung ihrer Atmosphäre III. 108.

Erden, reine, zersetzen des Sauerstoffgas I. 501. Erdmehl III. 234.

**Eudiometer**, Phosphor- und Salpetergas-Eudiometer I 508. 511. v. *Humboldt's* Versuche für das letztere III 85. v. *Arnim* über einige bisher nicht beachtete Ursachen des Irrthums bey Versuchen damit III. 91.

## F.

**Fabbroni** über die spanischen *Alcarazzas* III. 236.

**Fenster**, doppelte Ursach ihres Warmhaltens III. 332.

**Feuerstätte**, vortheilhafteste Einrichtung derselben III. 312. 350. dazu nothiges Register 314. Klappe im Rauchfang 315. Rost 318. 322. Aschenloch 321. Vorzug der verschlossnen Feuerstätte 326. Bey nicht verschlossnen Feuerstätten geht Brennmateriel unnütz verloren, durch Versuche bewiesen 352.

**Feuerkugeln**, *Lädicke's* Bemerkungen über die sehr hohen und großen I. 10. v. *Humboldt's* Meinung von ihnen III. 87. Sehr entfernte Feuer- oder Glanzkugeln beobachtet von *Schroter* III. 99. a.

**Fierlinger, D.**, bequeme Art kohlenfaure mineralische Wasser nachzumachen I. 64.

**Filtrirsteine**, Art welche zu machen III. 234.

**Flamme**, ist als glühender Dampf Nichtleiter der Wärme, bewiesen durch Versuche mit dem Löthrohr III. 343. f. Siehe auch *Lichtflamme*.

**Fledermäuse**, über die Versuche mit geblendeten Fledermäusen III 461.

**Fleuriau Bellevue** Bestimmung der Barometerhöhe am Ufer des Meers II 359.

**Flötenapparat** *Chladni's* III. 191. 200.

**Flötenstöne**, siehe *Schall*.

**Flüssigkeiten**, Apparat, tropfbarer Uebergang in elastische im Luftleeren Raum zu zeigen, von *van Marum* II. 145. Versuche über die Fortpflanzung der Wärme durch Flüssigkeiten vom Gr. von *Rumford* I. 214. 323. 436. 464. II. 249. III. 202. Innere Bewegung derselben beyim Erwärmen I. 216. 437. Apparat, um diese Bewegung sichtbar zu machen und Versuche da-

damit I. 218. Flüssigkeiten pflanzen die Wärme nicht nach unten fort und sind Nichtleiter der Wärme. I. 225. III. 330. Versuche, welche dieses beweisen II. 251. 278. Erklärungen von Phänomenen daraus II. 255. 256. 279. Anwendung dieser Lehre auf Chemie, Vegetation und thierisches Leben II. 257. 275. a. auf Wirkungen sehr intensiver unmerkbarer Hitze II. 268. Eine den Winden ähnliche Circulation in einer Flüssigkeit II. 283.

*Fourcroy* Versuche mit künstl. Kälte II. 107. I. 479.

*Franklin* III. 182.

*Fulham* II. 274.

### G.

Galvanismus in der anorganischen Natur, von *Ritter* I. 80. Verhalten für kohlenstoffhaltige Stoffe II. 399. Einfluss der Eisenmagneten auf galvanische Erscheinungen III. 61. 63.

Gasarten, ihr Verflucken durch die Kohle II. 366. 480. Vorrichtung zu Schmelzversuchen mit ihnen, und Ballons zu fallen I. 7. Electriche Versuche mit Gasarten I. 266. II. 154. 194. 200. Wirkung der Kälte auf sie: auf schwefelsaures, salzsaures und Schwefelwasserstoffgas II. 112. Ammoniakgas II. 115. Flusspathsaures Gas mit aufgelöster Kiesel Erde I. 485. Sauerstoffgas II. 363. Tönung derselben III. 193. Versuche mit ihnen im Löthrohr III. 348. Wirkung auf die Bewegungen des Kamphers II. 307. Einfluss auf natürliche Phosphore I. 33.

Gasmesser, verschiedene Arten derselben und Beschreibung des von *Séguin* erfundenen II. 185.

*Gazeran* Bemerkungen über die Coaks und ihren Gebrauch zum Eisen- und Stahlschmelzen III. 71.

Gefrieren des Wassers I. 474. des Quecksilbers und chemischer Stoffe I. 479. II. 107. siehe *Eis*.

Geschichte der Naturwissenschaft von *Gren* I. 167.

Gewicht, specifisches, einiger im Wasser auflöslichen Stoffe von *Hassenfratz* I. 423. verglichen mit *Newtons*, *Musschenbroeks* und *Kirwans* *Be-Annal. d. Physik* 3. B. 4. St.

Hh



- Stimmungen I. 433. Einfluss der Adhärenz auf das sp. G. fester Körper I. 396. 412. 423. 515.  
Gewichtsverlust glühender Körper I. 422.  
Gewitter in Malacca III. 219. a.  
Gilbert, L. W., Zusatz zum Hassenfratzschen Areometer I. 162. Berichtigungen Hassenfratz's I. 401. 402.  
Bemerkungen über de Luc's Einwurfe gegen den Grafen von Rumford I. 464. Erläuterung von Cavendish's Versuchen um die Dichtigkeit der Erde zu bestimmen II. 1. 68. Bemerkungen über die Anziehung verschiedner Körper unter einander II. 63. Von den verschiednen Gasmessern II. 185.  
Einige Bemerkungen zu Guytons Abhandl. vom Verbrennen des Diamanten II. 466. Beurtheilung von Tennants Versuchen mit dem Diamanten II. 468. von Kirwans Analyse der Steinkohlen II. 472. von Nicholsons Erklärung der Ventaroli III. 222.  
Bemerk. über die GröÙe und Schätzung der irdischen Strahlenbrechung II. 231. Beschreibung einer seltenen Lufterscheinung III. 360.  
Glasblasen, Hülfsmittel dazu I. 1.  
Gödeking's Reisebarometer II. 324.  
Goldkalk reducirt am Sonnenlichte auf mannigfaltige Wege II. 273.  
Gren, D. F. A. C., Geschichte der Naturwissenschaft als akadem. Vorlesung; ein Fragment I. 167. Güte der Steinköhlen und Braunköhlen um Halle II. 483. Untersuch. der Mutterlauge der Salzfoole aus dem königl. Siedehause zu Halle II. 485. Chemische Untersuchung des Amalienbades bey Morsleben im Magdeburgischen III. 368.  
Grimm, J. K. P., über den Ursprung des unterirdischen Waffers II. 336. Brief II. 367.  
Grotte von Roquesfort III. 211.  
Grubenwasser besondere II. 346.  
Gruber, Tobias, Beobachtungen über die Strahlenbrechung auf erwärmten Flächen III. 377. Bemerkungen zum Woltmannschen Aufsatze III. 397. Theorie der mit Spiegung verbundenen Hebung und Senkung der Objecte nahe am Horizonte III. 439.  
Günlas Oerar III. 431. 440.



*Guyton (Morveau)* Ueber einige Eigenschaften des Platins I. 369. Versuche mit künstlicher Kälte über Quecksilber, Ammoniak etc. I. 482. II. 112. Versuche über das Verbrennen des Diamanten II. 387. Versuche, mittelst des Diamanten das geschmeidige Eisen in Gussstahl zu verwandeln III. 65. Electricisches Verhalten des Diamanten II. 470. Von den *Alcarazzas* III. 220. a.

## H.

*Haldane*, wie die Stärke electricischer Batterien während des Ladens zu messen ist III. 22.

*Hallström* Erklärung einer Verdopplung ins Wasser getauchter Gegenstände III. 235.

*Hall, Sam.*, Beschreibung eines merkwürdigen Hofs um den Mond III. 357.

*Hamberger* II. 64.

*Hassenfratz* verbessertes Ramsdensches Areometer I. 158. Einfluss der Adhärenz auf die Bestimmung des specif. Gewichtes fester Körper I. 396. 423. 515. Specifische Gewichte einiger im Wasser auflöslichen Stoffe I. 425. Versuche mit geförnem Quecksilber I. 493.

*Hauch, Ad. Wilh. von*, Prüfung der vom Prof. Würtzer behaupteten Verwandlung des Wassers in Stickstoffgas II. 369. Gasmesser II. 188.

*Hauy* über die natürlichen Magneten III. 113.

*Hebung* weitentlegener unsichtbarer Gegenstände über den Horizont durch Strahlenbrechung III. 297. 298. 305. 392. Damit verbundene Vergrößerung der Gegenstände III. 394. 408. und Spiegelnung aufwärts III. 426. 430. 431. umständliche Beobachtungen über die Hebung und Resultate daraus III. 415. 417. 421. 424. 427. 435. Hebung des Horizonts III. 426. Kennzeichen, ob Hebung oder Depression statt findet III. 437. 438.

*Hedjarum gyrans* I. 116.

*Heller, Egidius*, über das Gefrieren des Wassers I. 474. über den Rückschlag II. 223.

*Henry, Will.*, electrifche Verfuche mit kohlenstoffhaltigem Wafferftoffgas II. 194. mit phosphorhaltigem II. 200.

*Hermftädt* Verfuche über die Anziehung verfchiedener Körper II. 63.

*Hindenburg* I. 352.

*Hitze*, f. Wärme.

*Hochheimer's* Glashygrometer I. 314.

*Höhlen*, unter der Parifer Sternwarte und deren Temperaturveränderung III. 215. kalte von St. Marino und Cefi III. 204., von Chiavenna 206. von Caprino III. 207. von Hergisweil III. 210.

*Hof um den Mond*, ein merkw. befchrieben III. 357. *Schneider's* III. 359.

*Holz*, faules, f. Leuchten.

*Homburg* I. 407.

*Horne* über die von *Sommering* entdeckte Oeffnung in der Netzhaut II. 246.

*Huddart, Joh.*, Beobachtungen über die horizontale Strahlenbrechung bey irdifchen Gegenständen und über die Vertiefung des Seehorizonts (*dip of the sea*) III. 257.

*Huflattig* I. 321.

*Humboldt, Alex. von*, Urfprung der Erdwärme I. 457. Zerfetzung des Sauerftoffgas durch die reinen Erden I. 501. f. Entftehung des Salpeters I. 513. Befchreibung feines Reifebarometers II. 321. Kohlenfäuremefler III. 77. Kohlenfäure im Dunftkreife und Befchaffenheit des Luftkreifes der gemäßigten Zone III. 79. Ueber die Entbindung des Lichts III. 83. Ueber das Salpetergas und deffen Verbindung mit dem Sauerftoff III. 85. Eudiometrifche Verfuche II. 392.

*Humus* zerfetzt die atmofphärifche Luft I. 501. 507. 512.

*Hydraulik*, Unvollkommenheit derfelben II. 401. 414. 423. *Vince's* Bemerkungen über die Bewegung flüffiger Körper (ihren Ausflufs aus Gefäßen) II. 401. *Venturi's* Unterf. und Erfahr. über die Seitenmittheilung der Bewegung in flüffigen Körpern (II. 418.) angewandt auf die Erklärung verfchiedener hydraulifcher Erfcheinungen: den Ausflufs aus Gefäßen durch Oeffnungen und Röhren

II. 428. die Gestalt des Wasserstrahls dabey III. 35.  
 auf Blaswerke durch Wasser III. 129. Entwä-  
 ferungskanäle III. 140. Wirbel in Strömen III. 145.  
 und bey'm Ausfluß aus Gefäßen III. 149 auf  
 Wind und Flötentöne III. 159. — *Venturi*, Bewe-  
 gung des Kamphers auf dem Wasser, und ähnliche,  
 II. 298. *Wilson* Bewegung brennender Dochte auf  
 Oehl, öhligen Flüssigkeiten und Wasser III. 447. 458.  
*Prevost* Bewegung erwärmter Staniolscheiben III.  
 456. *Belier hydraulique* I. 363.

*Hydrogenometer* III. 200.

**Hygrometer.** *Lüdicke*, Bemerkungen über den  
 Mechanismus des *Saussurschen* Hygrometers I. 282.  
 Neuer Mechanismus für Gashygrometer I. 290.  
 auch Fischbein- und Elfenbein-Hygrometer I. 296.  
 Mechanismus für das *Lowitzsche* Hygrometer I. 297.  
 Vergleichung des Stein- und Haarhygrometers I.  
 306. *Hochheimer's* Vorschlag eines Glashygrome-  
 ters I. 314. *Lüdicke*, Bemerkungen über das  
 Stein- und Glashygrometer II. 70. *Voigts* Anzei-  
 ge neuer Federpul-Hygrometer III. 126. *Preiß*  
 der *Renardschen* Hygrometer II. 120.

**Hygrometerstein**, neuer, erfunden von *Lüdicke*  
 II. 75. 367.

**Hygrometrie**, Beyträge dazu von *Lüdicke* I. 282.  
 70. Bestimmung des Feuchtigkeits und Trocken-  
 punctes I. 282. 284. 303. Merkwürdiges Phäno-  
 men im Gang des Hygrometers beobachtet von  
*Saussure* I. 317.

# I.

*Janin* III. 256.

*Johanniswürmchen*, siehe Leuchten.

*Ischia*, *Ventaroli* auf dieser Insel III. 204

*Juch's*, D. Dampfthermometer II. 296.

*Jurine* über die Versuche mit geblendeten Fledermäu-  
 sen III. 461.

# K.

**Kälte**, Versuche mit künstlicher Kälte, von *Four-  
 croy*, *Guyton*, dem Grafen von *Mussin Pusckin*, *Za-  
 netti*, *Roupe* und *Hassenfratz* I. 479. II. 107. von  
*van Mons* II. 118. 366. Kälte bey'm Hinausdrin-  
 gen verdichteter Luft II. 243. Die Kälte auf hohen

- Bergen erklärt von *Malacarne* II. 365. Kaltegrade durch Frost-erregende Mischungen erlangt I. 429. 493. II. 107. 108. 112. 114. 118. Kälte des Winters 1798. und Beyspiele hoher natürlicher Kälte I. 490. 491.
- Kalkerde, salzsaure, Art sie zu bereiten für Frostversuche II. 112.
- Kalte Winde, welche aus der Erde dringen (*Venturoli*) III. 173. beschrieben und erklärt III. 201. *Saussures* Erklärung 212, geprüft von *Nicholson* 217. und verbessert 222.
- Kampher, *Venturi* über die Bewegungen desselben auf dem Wasser II. 298. Art, wie er sich im Wasser auflöst, und darüber verbreitet II. 301. daraus allein entspringt seine Bewegung II. 303. nicht aus seiner Riechbarkeit und Verflüchtigung II. 304. Einfluss verschiedner Gasarten darauf II. 307. Aehnliche Bewegungen in der Natur II. 304. Verdunstung des Kamphers II. 269. 306.
- Kant II. 245.
- Kavina I. 201.
- Kilkenny-Kohle der Engländer. Ihre Natur II. 397. Antheil an Kohlenstoff und Sauerstoff II. 475.
- Kimmung III. 297.
- Kirch I. 10.
- Kirwan's Versuche über Steinkohlen II. 472.
- Klaproth II. 397.
- Klügel's Nadelversuch III. 235.
- Kochgefäße, vortheilhafteste Einrichtung derselben III. 351.
- Kohlenblende. Ihre Natur II. 397. 399. Antheil an Sauerstoff und Kohlenstoff II. 476.
- Kohlensäure, Antheil ders. im Dunstkreise III. 79.
- Kohle. Die *Holzkohle* enthält Wasserstoff, bewiesen von *van Marum* I. 100. Ist nicht reiner, sondern gesäuerter Kohlenstoff, bewiesen von *Guyton* II. 396. 398. Antheil an Kohlenstoff und Sauerstoff II. 467. Wie sie im verschlossnen Raume entbrennt wird II. 397. Detonation mit Salpeter II. 468. Hat die Eigenschaft, verschiedene Gasarten zu verschlucken und Wasser zu bilden II. 366. 488. Ihr magnetisches Verhalten III. 49.
- Kohlen säuremesser v. *Humboldt's* III. 79.

Kohlenstoff ist noch immer chemisch einfach II. 194. reiner ist Diamant, verschiedene Grade seiner Säuerung II. 398. 478. geht nur gefäuert im Stahl mit ein, Versuch darüber III. 66. 67. 75. hat keine geringere Verwandtschaft zum Sauerstoff als der Wasserstoff III. 68. a.

Kometenschweife, Bemerkungen über sie und die ihnen ähnlichen Erscheinungen am Himmel von *Rüdiger* II. 99.

KrySTALLISATION, Beschreibung einer merkwürdigen, den Lichtenberg'schen elektr. Figuren ähnlich II. 78. Ein schöner Kochsalzkry stall II. 282.

Kraftmesser *Regnier's* und damit angestellte Versuche zur Schätzung der Kräfte der Menschen, des Zugviehs und des Widerstands bey Wagen II. 91.

*Kries* II. 120.

### L.

Lampen hydrostatische, über deren Bewegung III. 447.

*Lampadius* III. 56. 65.

*Lemaître* Beschreibung eines von *Six* erfundenen Thermometers, welches den größten und geringsten Wärmegrad, der während einer gewissen Zeit eingetreten ist, anzeigt II. 287.

Leuchten. Ueber die Phänomene natürlicher Phosphoren, (faules Holz, Lucciolen u. a. Insecten) in verschiedenen Gasarten von *Spalanzani* I. 33. von *Carradori* I. 205. 209. von *v. Humboldt* III. 83. Leuchten des Meers I. 378. Leuchten des Wassers in den Scheeren von *Wermö* II. 352. des Eises II. 355.

Licht. Ueber die chemischen Wirkungen, die man demselben zuschreibt, vom Grafen von *Rumford* und *Le Sage* II. 273. sie gebühren unmerklicher doch sehr intensiver Hitze II. 271. 274. Ueber die Verbindung des Lichts von *v. Humboldt* III. 83.

Lichtererscheinungen und Lichtsprudel, höchst entfernte, beobachtet von *Schröter*, und Vermuthungen darüber III. 97.

**Lichtflamme**, Erscheinungen dabey erklärt von *Pearson* II. 170. Beym Brennen von Alkohol in der Argand'schen Lampe, von *Nicholson* II. 213.

**Lichtenberg**, G. C., Bemerkungen über einen Aufsatz des H. Hofr. *Mayer* zu Erlangen: Ueber den Regen; und *de Luc's* Einwürfe gegen die französische Chemie II. 121.

**Löthrohr**, Rumfordsche Theorie desselb. III. 346.

**Looming** III. 305.

*de Luc* Einwürfe gegen Graf *Rumford's* Theorie über die Fortpflanzung der Wärme durch Flüssigkeiten, erörtert von *Gilbert* I. 464. Theorie vom Regen und Einwürfe gegen die französische Chemie, vertheidigt von *Lichtenberg* II. 121.

**Lüticke**, M. A. F., Bemerkungen über das hydrostatische Cylindergebläse des H. D. *Bander's* I. 1. Bemerkungen über die sehr beträchtlich hohen und großen Feuerkugeln I. 10. Beschreibung einer genauen und bequemen Wage, nach einer neuen Vorrichtung I. 123. Beschreibung eines Mikrometers, die Durchmesser schwacher Saiten zu messen I. 137. Beyträge zur Hygrometrie I. 282. II. 70. 367. Beschreibung einer schönen KrySTALLISATION II. 78.

**Luft** aus dem Wasser durch electriche Funken erhalten, untersucht von *Pearson* II. 154. Seitenmittheilung der Bewegung in der Luft bey Wind und Schall III. 159. durchdringt das Wasser I. 469. Ob sie Wasser auflöse II. 129. 139. 161. Ob Electricität sie verdünnt I. 242. Scheinbares Zittern und Wellen derselben II. 285. III. 287. 389. 408. 413. erklärt III. 438. Zersetzung der atmosphärischen nach dem spec. Gewicht III. 196. Ist ein Nichtleiter der Wärme, und Erklärungen, die sich darauf gründen II. 255. III. 331. Wie sie Wärme fortpflanzt, und wie diese Fortpflanzung sich noch sehr vermindern läßt III. 333. Kennzeichen, zu beurtheilen, ob sie oder die Erde und Gewässer wärmer sind III. 435.

**Luftkreis**, über die chemische Zerlegung und die Beschaffenheit desselben in der gemäßigten Zone,

von *v. Humboldt* III. 77. Bemerkungen über die Größe der Atmosphäre der Erde, und der Planeten von *Melanderhjelm* III. 96. Gestalt der Erdatmosphäre III. 108. Aether III. 119.

Luftpumpe, *Cuthbertsons* I. 352. 381. 382. Beschreibung der Luftpumpe *Sndlers* (nach Art des *Banderschen*) I. 352. einer verbesserten *Smeaton'schen* Luftpumpe von *Prince* I. 357. einer sehr einfachen verbesserten *Sengverdschen* vom *D. van Marum* I. 379.

Luftstreif, scheinbarer durch Strahlenbrechung bewirkt, siehe *Strahlenbrechung*.

Luftzug, der die kalten Winde (*Ventarioli*) bildet, welche aus der Erde blasen III. 223.; die Wetterwechsel in den Gruben III. 229. die Land- und Seewinde an den Küsten der heißen Zone III. 226.

### M.

*Macdonald's, John*, Beobachtungen der tägl. Abweichung der Magnetnadel im Fort *Marlborough* auf *Sumatra* und in der Insel *St. Helena* III. 118.

Magnet, Ideen zu einer Theorie des Magneten von *v. Arnim* III. 48. 62. Chemisch-Auszeichnendes des Magneten III. 48. f. Chemisch Verändertes beym Magnetisiren III. 59. Einfluß des Eisenmagneten auf Galvanische Erscheinungen III. 63. 61. Ueber die natürlichen Magnete von *Hauy* III. 113. *Vesalis* Magnet ohne Abweichung III. 116.

Magnetnadel, tägliche Abweichung derselben auf *Sumatra* und in *St. Helena*, Beob. von *Macdonald* III. 118. Einfluß des durch Wärme bewirkten Luftzugs auf ihren Stand II. 4. der Gewitter III. 229.

Magnetismus II. 26. Abhängigkeit von der Cohärenz und chemische Bedingung desselben III. 56.

Magnetismus des Diamanten, der Holzkohle III. 48. des Messings III. 50. des Platins und Kupfers III. 56. des Kobalts III. 61.

Magnetismus, thierischer III. 64.

*Malacarne* Erklärung der Kälte auf hohen Bergen II. 364.

*Malacca*, Winde und Gewitter daselbst III. 226.



**Mariottisches Gesetz** I. 156. III. 102. 104. Bemerkungen darüber und allgem. Beweis desselben II. 238.

**Martinet** III. 434.

**Marum, D. Mart. van**, Beschreibung einer großen electr. Batterie I. 68. Electriche Versuche, siehe *Electricität*. Versuche, welche beweisen, daß die Kohle Wasserstoff enthält I. 100. Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuche, den Uebergang tropfbarer Flüssigkeiten in elastische im luftleeren Raume zu zeigen II. 145. Beschreibung einer sehr einfachen Luftpumpe I. 379. Einfacher Apparat, um die Producte beym Verbrennen der Oehle zu untersuchen II. 216. Gasmesser II. 188.

**Maunoir** III. 200.

**Maupertuis** III. 181. 188.

**Mayer** II. 121.

**Medusen**, phosphorische I. 39.

**Meer**, Endlich seiner Salzigkeit I. 436. Wie es die übermäßige Kälte und Hitze mindert I. 443. Kalte Ströme im Grunde desselben I. 458.

**Melanderhielm, Dan.**, Bemerkungen über die Größe der Atmosphäre der Erde, der Sonne und der Planeten III. 96.

**Metalle** sind Wärmeleiter I. 226. Verkalkung derselben durch electriche Schläge I. 258. Schmelzung durch Electricität I. 263. Reduction der Metallkalke durch electriche Funken und Gasarten, die sich dabey entwickeln I. 271. Cohärenz der Metalle I. 371.

**Meteore** in Schweden und in Norwegen II. 352. III. 360. Sehr entfernte beobachtet von *Schröter* III. 97. Beschreibung einer seltenen Lustererscheinung III. 360. Siehe auch Feuerkugeln, Strahlenbrechung, Stürme.

**Meteorologie** I. 317.

**Meteorologische Instrumente** von *Renard*, Preiß II. 119.

**Mètre**, Bestimmung desselben II. 366.

**Mitchell, John**, II. 1.

**Mikrometer** die Durchmesser schwacher Saiten zu messen, von *Lüdicke* I. 137.

**Mineralische kohlensaure Wasser** bequem nachzumachen, von *Fierlinger* II. 64.



- Mirage* III. 303.  
*Mönnich* III. 255.  
*Mond*, Erscheinungen an ihm durch Strahlenbrechung III. 271. 296. merkwürdiger Hof um ihn III. 357.  
*Mondringe* II. 365. 366. 360.  
*Monge* II. 307. ungewöhnl. Strahlenbrechung in Egypten beobachtet III. 303.  
*Mons, van*, Brief an den Herausgeber II. 363. Versuche mit künstl. Kalte II. 118. 365.  
*Monte Testaceo* bey Rom, kalte Winde in ihm III. 202. 222.  
*Montgolfiers Bélier hydraulique* I. 363.  
*Mudge*, Capit., III. 274.  
*Musikalische Instrumente*, siehe Schall.  
*Mussin Puschkin*, Graf von, Versuche mit künstlicher Kalte I. 376. 479.

N.

- Nadeln*, über eine scheinbare Verdopplung derselben im Wasser III. 235.  
*Nairne* II. 274. III. 1.  
*Nebensonnen* III. 365. 366. II. 105.  
*Netzhaut*, Oeffnung darin II. 246.  
*Nicholson's Journal* der Physik und mathem. Corresp. I. 250. Verbesserung des Bennetschen Electrometers I. 253. Bemerkungen zu *Rumford* II. 249. Einige Bemerkungen über den Stahl III. 71. über Wärme II. 179. Nachricht von electr. Versuchen *Cuthbertsons* III. 25. Tafeln, Grade des Beaumeschen Areometers auf specif. Gewicht zu reduciren III. 88. über die Ventaroli III. 201. über ungewöhnliche Strahlenbrechungen III. 307. Bemerkungen über den Schall und die akustischen Instrumente III. 181.  
*Nordlicht* II. 105.

O.

- Oeffnung in der Netzhaut des Auges III. 246.  
*Oehl*, ist kein Wärmeleiter II. 252. 280. leichter Apparat, die Producte bey dem Verbrennen desselben zu untersuchen, von *van Marum* II. 216.

Oehlerzeugung und Oehlerzeugendes Gas  
II. 201. 210.

Opduining III. 297.

Optik, siehe Netzhaut, Strahlenbrechung, Verdopp-  
lung.

Orgelpfeifen, siehe Schall.

P.

Pearson, George, Untersuchung der Luft, welche  
aus dem Wasser durch elektrische Funken erhal-  
ten wird II. 154.

Perolle, Versuche über die Fortpflanzung des Schalls  
durch feste und flüssige Körper und die Resonanz  
musikalischer Instrumente III. 167. Bemerkungen  
gegen Chladni III. 195.

Pflanzen, electricische Versuche damit, siehe Elec-  
tricität.

Phosphore, natürliche, siehe Leuchten. Wirkung  
der Electricität darauf I. 248.

Pictet I. 226. II. 243. 249. 280.

Platin, über einige Eigenschaften desselben, von  
Guyton I. 369.

Pollen der Pflanzen II. 310.

Prevost II. 299. Versuche mit Staniolblättern, die auf  
Wasser schwimmen III. 456.

Prince's verbesserte Luftpumpe, beschrieben I. 352.

Pringle I. 22.

Prony's Wagebarometer II. 311.

Puls, ob er durch Electricität beschleunigt wird  
I. 88.

Q.

Quecksilber, Versuche über das Frieren desselben  
I. 487-494. II. 107. 109. 113. Frostopunct desselben  
berechnet I. 497-499. Wärmever schluckung beym  
Flüssigwerden des gefrorenen I. 499. Ist kein Wär-  
meleiter II. 253. 279. Verdunstet II. 269.

Quelle, intermittirende III. 209.

R.

Regen, Lichtenberg's Bemerkungen über Mayer's  
Aufsatz vom Regen II. 121.

**Register für verschlossene Feuerstätte III. 314.**

**Regnier** Beschreibung eines Dynamometers und damit angestellter Versuche II. 91.

**Reißbley** enthält Wasserstoff I. 107. Wirkung der Electricität darauf I. 266. Ist gesäuerter Kohlenstoff II. 396. 399. Antheil an Kohlenstoff und Sauerstoff II. 477. Reißbley im Roheisen und Stahl III. 74.

**Renard's** meteorol. Instrumente II. 119.

**Resonanz** musikalischer Instrumente III. 173. 177. 188.

**Riccati**, Graf, III. 184.

**Ritter, Joh. Wilh.**, Beobachtungen über den Galvanismus in der anorganischen Natur und über den Zusammenhang der Electricität mit der chemischen Qualität der Körper II. 80. Galvanischer Versuch mit dem Magneten III. 61.

**Rochon** III. 254.

**Röhren**, wie und warum sie den Ausfluß aus Gefäßen beschleunigen; siehe *Hydraulik*. Kunstgriffe, wie der stärkste Ausfluß zu erhalten ist II. 460.

**Rost** für Feuerstätte III. 318.

**Roupe** Versuche über das Frieren des Quecksilbers I. 488. über das Verschlucken von Gasarten durch Kohlen II. 480.

**Roy** III. 281.

**le Roy** I. 23.

**Rüdiger, F. G. G.**, über die Schweife der Kometen und ähnliche Erscheinungen am Himmel II. 99.

**Rumford, Benj. Graf von**, über die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten I. 214. 323. 436. II. 249. III. 202. Bemerkungen über das eigenthümliche Gesetz, wonach erkaltendes Wasser nahe beym Frostpunkte seine Dichtigkeit ändert, und über die auffallenden Wirkungen dess. in der Oekonomie der Natur, samt Vermuthungen über die Endursach der Salzigkeit des Meers I. 436. Erzeugung der Wärme durch Reibung II. 178. Ueber die chemischen Wirkungen, die man dem Lichte zuschreibt II. 273. Beyträge zur Lehre von der Wärme in physikalischer und ökonomischer Rücksicht III. 309.

- Sädler's* verbesserte Luftpumpe, beschrieben I. 352.  
*le Sage* II. 273.  
*Sallior* über die Alcarazzas III. 230.  
 Salpeter, Bildung desselben I. 513.  
 Salpetergas, Versuche darüber und über dessen Verbindung mit dem Sauerstoff von *v. Humboldt* III. 85. Zersetzung durch Electricität I. 266. Bildung durch Electric. aus Salpetersäure I. 269.  
 Salpetersäure, Veränderung durch Frost II. 108. I. 486.  
 Salzsäure Veränderung ders. durch Electricität I. 269. I. 160. durch Frost II. 108. 110. I. 486.  
 Salzfoolen - Mutterlauge zu Halle, Untersuch. ders. von *Gren* II. 485.  
*Sarti* Versuch mit Orgelpfeifen III. 185.  
 Sauerstoff, ob er sich durch Electricität mit den edlen Metallen verbinden läßt I. 262. Hat nicht zum Wasserstoff größere Verwandtschaft, als zum Kohlenstoff III. 68. a. Antheil desselben im Luftkreise der gemäßigten Zone III. 81.  
 Sauerstoffgas. Leuchten natürlicher Phosphoren darin I. 33. wird durch die reinen Erden, durch Thon und den Humus zersetzt I. 501. 512. *Van Mons* Versuche über die Condensirung desselben durch Druck und Kalte II. 363. *Guyton's* Art, einen Ballon damit für seine Versuche zu füllen II. 393.  
*Saussure* über ein merkwürdiges Phänomen in der Meteorologie I. 317. über dessen Hygrometer von *Lüdicke* I. 282. 290. über die kalten Winde, welche aus der Erde dringen III. 201.  
*Saussure*, der Sohn, daß die reinen Erden den Sauerstoff nicht absorbiren I. 505. vom Phosphor-Eudiometer I. 508.  
*Say* Beschreibung eines Areometers von ganz neuer Einrichtung II. 230.  
*Schall*. *Chladni* über drehende Schwingungen eines Stabs II. 87. *Venturi* und *Chladni* Erzeugung des Flötentons, und Fortpfl. des Schalls durch Longitudinal - Schwingungen III. 159. II. 182. *Chladni's* Versuche über das Tönen verschiedner

- Gasarten III. 193. *Pérolle* Versuche über die Fortpflanzung des Schalls durch feste und flüssige Körper, und über die Resonanz musikalischer Instrumente III. 167. Ueber die Fortpfl. des Schalls in versch. Gasarten und Bemerk. gegen *Chladni* III. 193. *Winklers* und *Chladnis* Versuche über Fortpflanzung articulirter Töne durch feste Körper III. 177. *Chladnis* Vermuthungen über die Geschwindigkeit, womit sich der Schall durch feste Körper fortpflanzt III. 182. *Sartis* Versuch über die Zahl der Schwingungen in einer Orgelpfeife III. 185. *Nicholson's* Bemerkungen über den Schall und die akustischen Instrumente III. 181.
- Schornsteine beste Form II. 464. III. 160.
- Schröter Beobachtungen ferner Lichterscheinungen III. 97.
- Schwachfeuer in den Scheeren von *Wermdö* II. 352.
- Schweben des Landes und andrer Gegenstände in der Luft, siehe *Strahlenbrechung*, *irdische*.
- Schwefelsäure, Zersetzung durch Electricität I. 268. II. 160. Friert I. 485.
- Seen, Vermuthung dass die mehrsten Landseen im Grunde salzig sind II. 263.
- Seegeficht III. 431.
- Seehorizont, Vertiefung desselben, siehe *Dip*.
- Seguin's* Gazometer II. 185.
- Senkwaage, siehe *Arcometer*.
- Senebier's* Versuche über die chemischen Wirkungen des Sonnenlichts erklärt II. 271.
- Sensitiven, ob Electricität auf sie wirkt I. 114.
- Septa officinalis* I. 38.
- Silberschlag I. 11.
- Sir's* Thermometer für das Maximum und Minimum der Wärme II. 287.
- Sömmering* II. 246.
- Sonnenlicht, *Senebiers* Versuche über dessen Wirkung erklärt III. 271. reducirt Gold, Silber etc. II. 274.
- Sonnenringe III. 365. 366.
- Spalanzani*, *Lorenz*, über die Phänomene natürlicher Phosphoren in verschiedenen Gasarten I. 33. 209.

**Spiegling** in der Luft über erwärmte Flächen III 380. über Erd- und Wasserstrecken, *unterwärts* III 259. 262. 264. 291. f. 366. 395. 399. 403. 433. 437. zusammenhängende Reihe von Beobachtungen darüber III 412. 415. 423. 424. Resultate daraus III. 427. 432. 434. 441. *aufwärts*, III. 265. 366. 426. 430. 433. Merkzeichen, ob eine, und welche Statt findet III. 437. 438.

**Stahl**, Kennzeichen desselben II 55. III. 70. Versuche, in welchem Zustande er den Kohlenstoff beym Cementiren aufnimmt (gesäuert als Reissbley) III. 66. II. 398. Bildung trefflichen Gussstahls durch Cementiren mit Diamant III. 68. Einige Bemerkungen *Nicholsons* über die Natur und Bereitung des Stahls III. 71. 74.

**Steinkohlen**, unverbrennliche, ihre Natur II. 397. 398. a. 399. *Kirwans* Analyse der englischen beurtheilt II. 472. Antheil an Kohlenstoff II. 478. Güte der Hallischen II. 483. Gebrauch zum Stahlschmelzen III. 71.

**Sternschüsse**, beobachtet und berechnet von *Schröter* II. 99.

**Stickgas**, Verwandlung des Wassers darin, siehe *Wasser*. Athembarkeit des sauerstoffhaltigen Stickgas, II. 482.

**Strahlenbrechung**, auf erwärmte Stein- und Metall Flächen, Versuche darüber III. 377. auf *Wasserflächen* III. 397. 434. auf *Erdflächen* III. 436.

— *astronomische*, horizontale, möglicher Irrthum dabey III. 421.

— *irdische*, Grösse und Messung derselb. III. 281. Irrth. dabey III. 274. 285. 427. Erscheinungen durch sie bewirkt, umständlich beschrieben III. 308. nach Zahl und Maass an einem Hause zu Cuxhaven III. 404. Resultate einjähriger Beobachtungen darüber III. 410. 415. 424. 426. besteht in Spiegling unterwärts oder aufwärts, siehe *Spiegling*; oder in einer außerordentlichen Hebung und Vergrößerung der Gegenstände, siehe *Hebung*. Erscheinungen an Küsten III. 259. 272. 273. 294. 297. 299. 305. 431. Schiffen III. 261. 293. 399. Gewässer III. 292. Licht

tern und Sternen III. 268. 270. 273. Sonne und Mond III. 271. 296. 438. auf Bergen III. 271. 273. Ebenen III. 276. 291. 294. 303. 377. 437. Heller Luftstreif III. 398. 399. 400. 413.

Strahlenbrechung, ungewöhnliche. Benennungen dafür III. 439. a. 297. 309. 379. *Ursach*, Dünste III. 258. 260. 306. 307. 395. 437. 440. Wärme III. 304. 388. 394. 434. 440. Theorie derselben, *Huddart's* III. 261. 264. 272. *Monge's* III. 304. *Gruber's* III. 388. 432. 439. *Waltman's* 400. 410. 429.

Beobachtungen über die horizontale Strahlenbrechung bey irdischen Gegenständen und die Vertiefung des Seehorizonts (*dip of the sea*) von *Huddart* III. 257. Beobacht. des General *Roy's*, *Dalby's* und mehrerer Astronomen, über die Größe der irdischen Strahlenbr. und die Vertiefung des Seehorizonts, mit Bemerk. von *Gilbert* III. 281. Beobacht. über die horizont. Strahlenbr. und die wunderbaren Erscheinungen, welche sie bewirkt, von *Büsch* III. 290. Beobacht. besonderer Strahlenbrechungen, von *Boscovich*, *Monge* und *Ellicot* III. 302. Beobacht. über die Strahlenbrechung auf erwärmten Flächen, von *Gruber* III. 377. Beobachtungen über die Brechung der Lichtstrahlen, die nahe über der Erdoberfläche hinfahren, von *Waltmann* III. 397. Theorie der mit Spiegelung verbundenen Hebung und Senkung der Objecte nahe am Horizont, von *Gruber* III. 439.

Ströme, kalte im Meer I. 458. Theorie der Wirbel in Strömen, Bildung der Strombetten etc. III. 145.

Stürme als Begleiter außerordentlicher Strahlenbrechungen III. 258. 306. 307. 423.

# T.

Taube, Art mit ihnen zu sprechen III. 179.

Temperatur, mittlere der Alpenseen III. 201. des Meeres III. 201. I. 459. der Erde, bey Genf III. 217. in Paris III. 218.

Temperaturveränderung in der Tiefe der Erde III. 217. 218.

Annal. d. Physik 3. B. 4. St.



- Temperaturverschiedenheit zweyer naher Brunnen III. 220.
- Tennant H. 398. a. Versuche über die Zerstörung des Diamanten durch Salpeter, beurtheilt II. 468.
- Thermometer, Beschreibung eines neuen von Six II. 287. Dampfthermometer Pictet's II. 280, D. Fuch's II. 296. Lavoisier's Thermometer III. 217. Lüdicke's Metallthermometer I. 297. Kälte, bey welcher das Quecksilberthermom. aufhört ein richtiger Wärmemesser zu seyn II. 489. 491. Preis von Renards Therm. II. 119.
- Thermometrograph von v. Armin II. 289.
- Thierisches Leben, Rumford's Vermuthungen darüber II. 266.
- Tintenwurm, Leuchten desselben I. 38.
- du Tour III. 241.
- Tremelle, ihre Bewegung erklärt II. 305.
- Tremery III. 116.
- Trompe, siehe Bläswerke durch Wasser.
- Troostwyk, Paets van, siehe Amsterdammer Physiker II. 157.
- V.
- Vassali's Magnet ohne Abweichung III. 115.
- Vauquelin J. 503. II. 107. 210. III. 74.
- Venturoli, siehe kalte Winde.
- Venturi, J. B., über die Bewegung des Kamphens auf dem Wasser II. 298. Untersuchungen und Erfahrungen über die Seitenmittheilung der Bewegung in flüssigen Körpern, angewandt auf die Erklärung verschiedner hydraulischer Erscheinungen II. 418. III. 35. 129.
- Verdichtung der Flüssigkeiten im Erkalten. Davon macht Wasser nahe am Frostpunct eine Ausnahme I. 238. 438. Wirkungen derselben 440.
- Verdoppelung. Erklärung einer Verdopplung ins Wasser getauchter Gegenstände von Hälström III. 235. Scheinbare Verdopplung der Gegenstände fürs Auge, Beobachtungen darüber III. 249.
- Verdünnung von Flüssigkeiten durch Wärme, Ursachen von Bewegungen auf ihnen schwimmender Körper III. 458.

- Verdunstung**, Ob Electricität sie befördert I. 120.  
 Apparat, um sie im verdünnten Raume sichtbar zu machen I. 145. Verdunstung des Wassers I. 148. des Alcohols I. 150. des Ammoniahs und Aethers I. 159. Ursach derselben II. 256. III. 258.  
 Wirkung auf die Strahlenbrechung III. 260. 306. 307. Grösse derselben in Felsenklüften; *Saussure's* Versuche darüber III. 213. in den *Alcarazas* III. in *Benares* III. Verdunstung von Eis, Quecksilber, Kamphor II. 269. 302.  
 Verwandtschaften, chemische, Erklärung derselben aus mechanischen Principien II. 257. 275.  
*Viallon* I. 367.  
*Vince, Samuel*, Bemerkungen über die Bewegung und den Widerstand flüssiger Körper II. 401.  
*Voigts* Reisebarometer II. 327. neue Federkiel-Hygrometer III. 126.  
*Valliamy* Bemerk. bey'm Graben eines Brunnens II. 346.  
**W.**  
**Wärme**, Theorien derselben I. 465. II. 178. Versuche und Beobachtungen über die Fortpflanzung der Wärme in Flüssigkeiten, vom Grafen von *Rumford* I. 214. 323. 430. zweyter Theil II. 249. Einwurfe *de Luc's* gegen die Theorie des Gr. von *Rumford*, mit Bemerkungen von *Gilbert* I. 464. Beyträge zur Lehre von der Wärme in physikal. und ökonomischer Rücksicht, vom Grafen v. *Rumford* III. 309. Erzeugung der Wärme durch Reibung II. 177. bey'm Verbrennen II. 309; die Wärme dabey hängt von der Regierung des Feuers ab III. 311. geht als strahlende Wärme und im Rauch gebunden fort; Verhältniß beider III. 323. Mittel, die Wärme einzuschließen und ihre Wirkung zu regieren III. 327. 338. Wie die Flamme andern Körpern Wärme mittheilt III. 343. Wärmeverlust bey den gewöhnlichen Küchenprocessen III. 352.  
 — latente II. 255.

**Wärme, Leiter und Nichtleiter der Wärme** erklärt III. 327. Metalle sind gute Leiter I. 226. *Eigenthümlicher Versuch über das Verhältniß ihrer wärmeleitenden Kräfte* III. 328. Nichtleiter sind Holz III. 329. Kohlenpulver III. 331. etc.; vollkommene Nichtleiter alle Flüssigkeiten, siehe *Flüssigkeit*. Dieses wird insbesondere durch Versuche dargethan vom Wasser I. 227. f. 323. 351. 464. II. 279. 280. Oehl II. 252. 280. Quecksilber II. 253. 279. Weingeist II. 279. Luft II. 255. 280. III. 331. 333. Dämpfe II. 255. III. 338. die Flamme II. 255. III. 343. f. *Wärmeleitung der torricellischen Leere* III. 336.

**Wärme der natürlichen Bekleidung, Federn, Haare etc.** erklärt III. 331. des Schnees III. 332. doppelter Fenster III. 332. Ob Wasser oder Luft wärmer ist, zu beurtheilen III. 435. Wärme einziger Grund chemischer Verwandtschaft, Auflösungen, Schmelzungen, KrySTALLISATIONEN etc. II. 257. 275. des thierischen Lebens II. 268.

— *intensiv*, sehr starke Wärme, ohne daß sie wahrzunehmen ist, an Beyspielen bewiesen II. 268. Wirkungen derselben besonders im Sonnenstrahl II. 269. Ihr gebührt, was man gewöhnlich den chemischen Wirkungen des Lichts zuzuschreiben pflegt II. 273.

**Wästeröin, Olof**, Versuch über einen besondern Schein im Wasser der Ostsee, oder das sogenannte Schwachfeuer II. 352.

**Wage**, Beschreibung einer genauen und bequemen von Lüdcke I. 123. Verbesserte Schnellwage I. 158. Ganzeigene Wage von Say II. 230. Ob Adhärenz der Luft auf das Wagen Einfluß hat I. 421.

**Wasser**. Ist ein Nichtleiter der Wärme I. 225. 323. 351. 464. II. 250. 279. Verdünnt sich beym Erkalten nahe am Frostopunct I. 238. II. 280. Eigenthümliches Gesetz, wonach es nahe beym Frostopunct seine Dichtigkeit ändert I. 438. 471. Wirkungen desselben in der Natur I. 436. Art, wie das süße Wasser gefriert, und warum die süßen Gewässer in kalten Ländern nicht ausfrieren I. 441. 451. 462. 463. Gefrieren des Salzwassers, und wie das Meer die übermäßige Kälte der Polarge-

gend mindert I. 453. und die große Hitze der heißen Gegenden I. 456. Bemerkungen über das Gefrieren des Wassers von *Heller* I. 474. siehe auch *Eis*.

Wasser wird von den luftförmigen Flüssigkeiten durchdrungen I. 469. Zersetzung desselben durch Electricität II. 143. 154. Apparate, um es durch Verbrennung von Wasserstoffgas zu erzeugen II. 181. 185. Ueber die vorgebliche Verwandlung desselben in Stickgas, von der *Gesellsch. Amsterd. Physiker* II. 220.; vom *Oberhofmarschall von Hauch* II. 369.; von *v. Humboldt* I. 513. *Unterirdische Wasser*, ihr Ursprung, von *Grimm* II. 336.; Bemerkungen über sie von *Baillet* und *Williams* II. 346. Bewegung des Kamphers und anderer öhliger Stoffe auf dem Wasser II. 298. erhitzter Zinnblüthen III. 456. Siehe auch *Hydraulik*, *Flüssigkeiten* und *Verdunstung*.

Wasserdampf, Versuche mit Dämpfen, in die Eis gelegt wird III. 339; ist ein Nichtleiter der Wärme III. 338.

Wasserfälle, Erklärung des Winds und Nebels bey Wasserfällen III. 133. Beschreibung der Wasserfälle im Niagara, von *Weld* III. 133.

Wasserstoffgas, kohlenstoffhaltiges, electr. Versuche damit von *Henry* II. 194. Versuche über drey Arten desselben, die sich aus Alkohol und Aether entwickeln lassen II. 201. Falscher Schluss aus Versuchen damit III. 68. a.

Wasserstoffgas, phosphorhaltiges, electr. Versuche damit II. 200. a.

Wassertrommel, siehe Bläserwerke durch Wasser.

Wassertropfen, Hüpfen derselben auf glühenden Metallplatten, erklärt II. 305.

*Weld*, *Isaac*, Beschreibung des Wasserfalls im Niagara III. 133.

*Wetterling* über Seegesicht und Hebung III. 431. a.

Wetterwechsel in den Gruben III. 229. .

*Williams* III. 274.

*Wilse*, meteorol. Bemerkungen über Lusterscheinungen in Norwegen III. 360. 366.



## Einige Druck- und Schreibfehler.

### Band I.

Seite 302, Zeile 2, statt: 600, setze, 60

— 414, Zeile 1, statt: Taf. VII. Fig. 6. setze, Taf. VII.  
Fig. 4.

— 415, Zeile 12, statt: Fig. 7, setze, Fig. 5

— 417, Zeile 10, statt: Fig. 8, setze, Fig. 6

— — Zeile 17, statt: Fig. 9, setze, Fig. 7

— 418, Zeile 5, statt: Fig. 10, setze, Fig. 8

— 419, Zeile 22, statt: Fig. 11, setze, Fig. 9

— 420, Zeile 1, statt: Fig. 11, setze, Fig. 9

— 510, Zeile 15, wird *ausgestrichen*; indem er sieht,  
wie viel Sauerstoffgas erfordert wird,  
ein Hunderttheil damit zu sättigen.

### Band II.

— 110, Zeile 7, statt: *schwefelsauren\* Aether* setze,  
*Schwefeläther*

— 397, Zeile 7,	} statt: <i>kohlenstoffhaltiger Alaun,</i> <i>setze, thonerdhaltiger Kohlen-</i> <i>stoff</i>
— 399, Zeile 14,	

— 397, Zeile 9,	} hinter <i>Anthracolit</i> setze ( <i>Koh-</i> <i>lenblende</i> )
— 399, Zeile 15,	

— 421, Zeile 7, statt: *zusammengeschweisst*, setze,  
*zusammengestoßen*

— 427, Zeile 14, streiche man den Perioden weg,  
der anfängt: *Dass das Wasser*

— 433, Zeile 9. v. u. statt: 18 Zoll, setze, 18 Linien

— — Zeile 3. v. u. statt: 4.5 Zoll, setze, 4,5 Linien

— 438, Zeile 13, statt: *Zeit*, setze, *Fallhöhe*

# Band III.

- Seite 36, Zeile 23, statt: Fig. 2, setze, Fig. 4.  
 — 42, Zeile 13, statt: Fig. 3, setze, Fig. 2  
 — 44, Zeile 1, statt: Fig. 4, setze, Fig. 3  
 — — Zeile 14, statt: Fig. 3, setze, Fig. 2  
 — 53, Zeile 13, statt: fähig, setze, unfähig  
 — 77, Zeile 1, statt: VI. setze, VII.  
 — — Zeile 14, statt: 6,3 Zoll, setze, 6,3 Linien  
 — 86, Zeile 28, wird ausgestrichen: oxydirtes Stick-  
     gas  
 — 89, Zeile 34, statt: verwirrt, setze, vordruckt  
 — 91, Zeile 1, statt: VII. setze VIII.  
 — 114, Zeile 24, statt: einen magnetischen, setze,  
     magnetische  
 — 131, Zeile 17, statt: im Deutschen und, setze, im  
     Deutschen eine *Wassertrommel*  
 — 145, Zeile 17, statt: Fig. 4, setze, Fig. 5.  
 — 146, Zeile 7, statt: Fig. 5, setze, Fig. 6  
 — 147, Zeile 12, statt: Fig. 4, setze, Fig. 5  
 — 150, Zeile 12, statt: Fig. 6, setze, Fig. 4.  
 — 151, Zeile 7. v. u. statt: sind, die, setze, sind  
     Ist v die  
 — 172, Zeile 4. v. u. statt: 21, setze, 12  
 — 231, Zeile 13, statt: zu viel, setze, zu wenig.

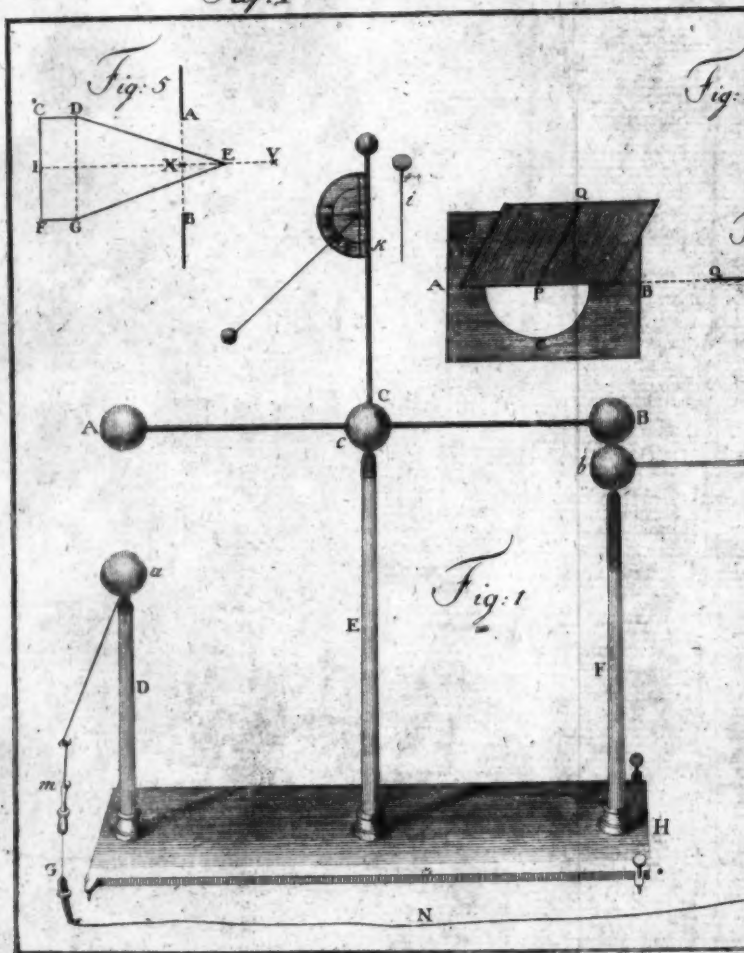


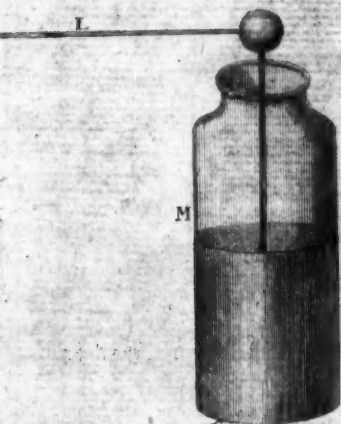
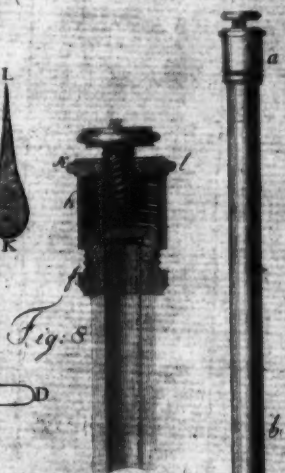
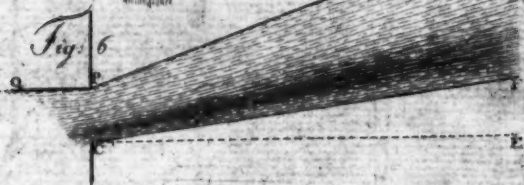
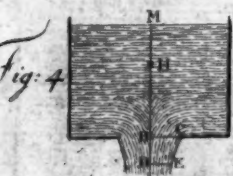
ck.

22

in

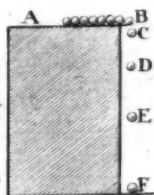
Taf. I



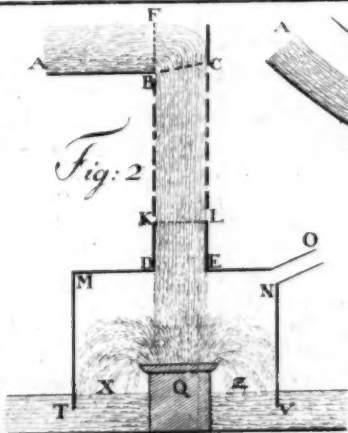


*Taf: II*

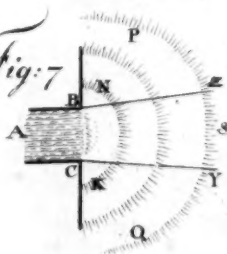
*Fig: 1*



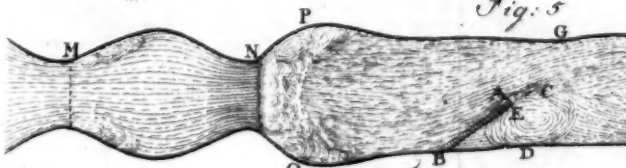
*Fig: 2*



*Fig: 7*

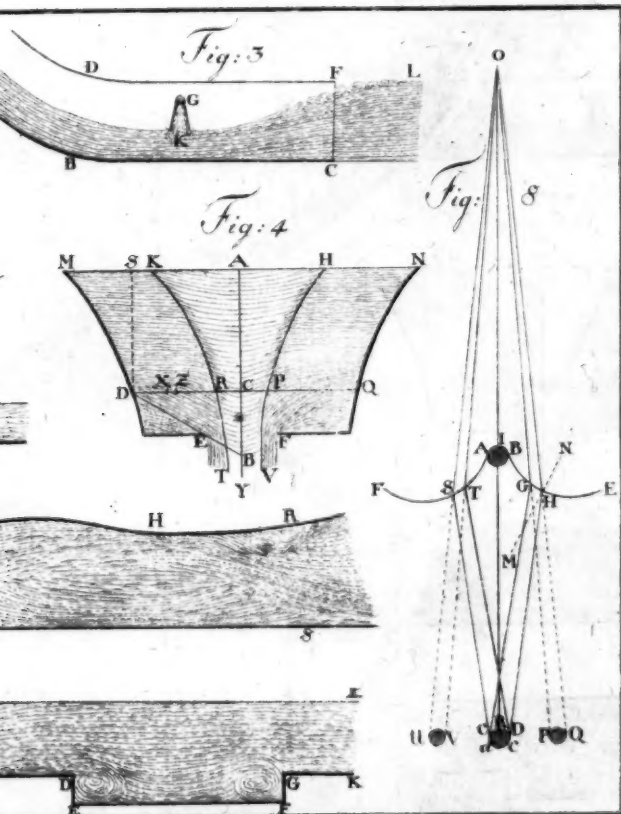


*Fig: 5*



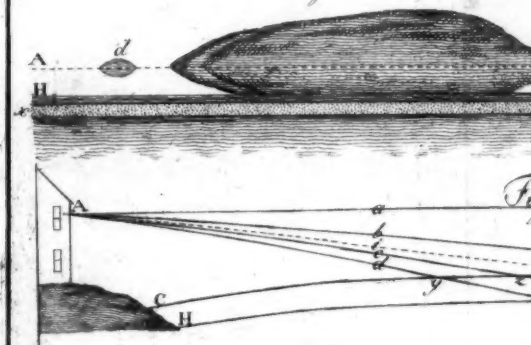
*Fig: 6*





Taf. III

Fig: 1



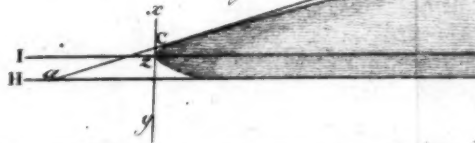
Fig

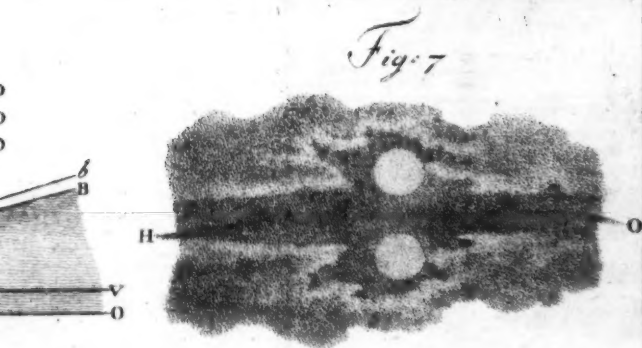
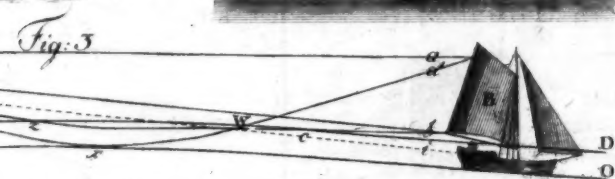
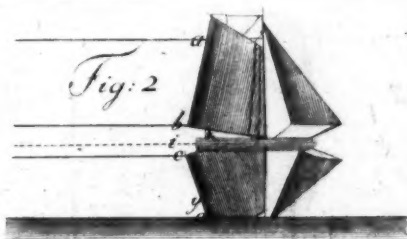
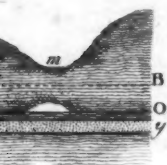


Fig: 3



Fig: 6







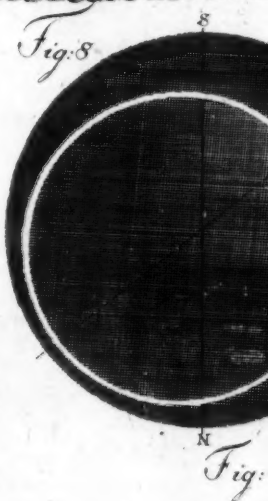
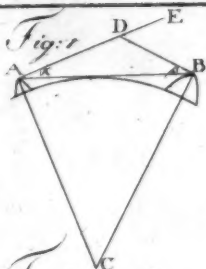


Fig: 3

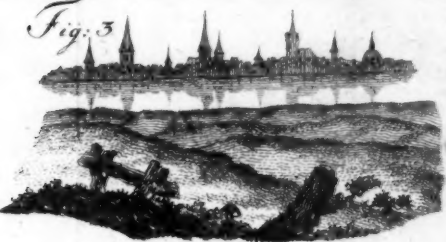


Fig: 4

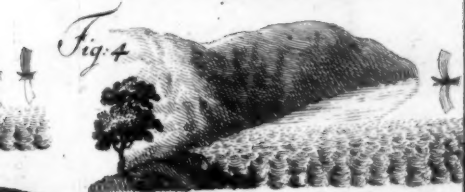


Fig: 5

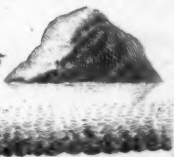
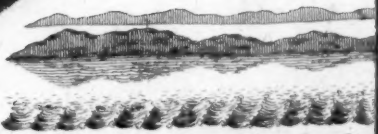


Fig: 6

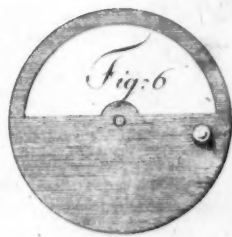
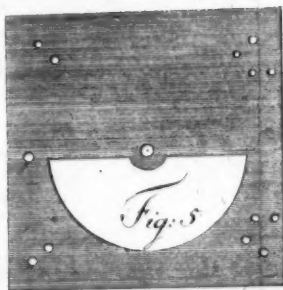
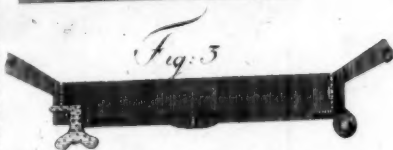
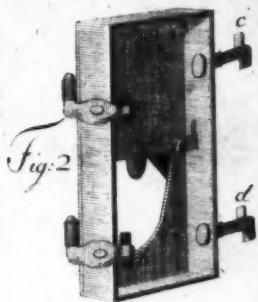
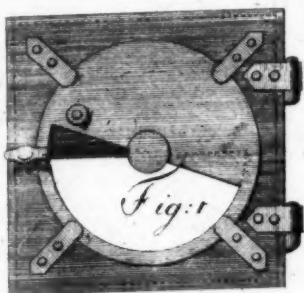


Fig: 7

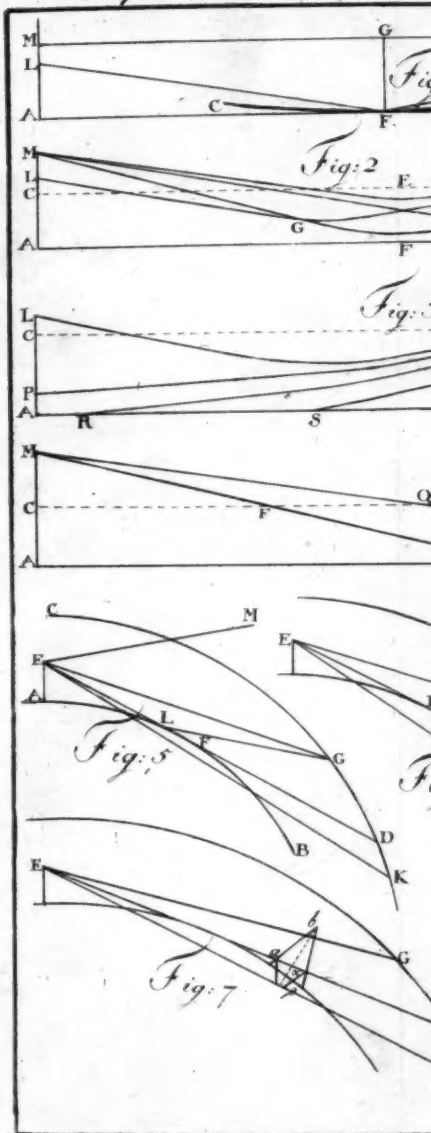


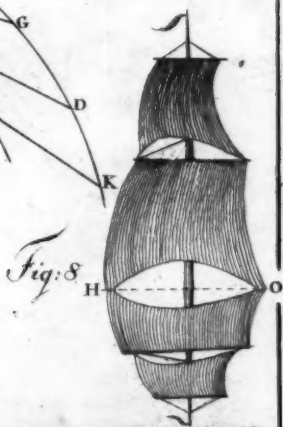
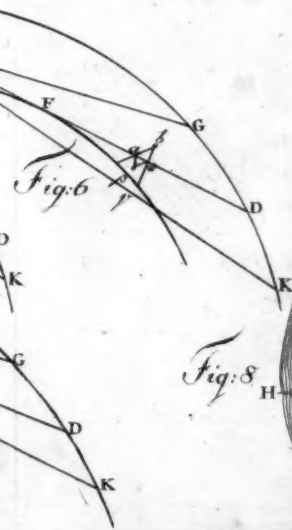
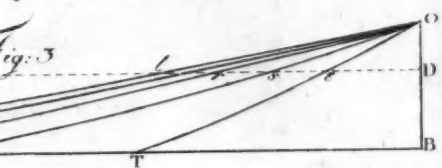
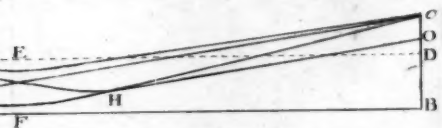
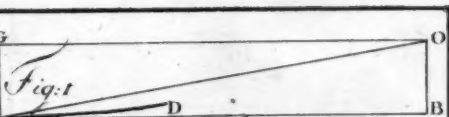


Taf: 1.



*Taf: VI*





Taf: VII

